

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра автоматики та управління в технічних системах

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

О.І.Ролік

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« »

_____ 2019 р.

Дипломний проект

освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»

зі спеціальності 6.050201 «Системна інженерія»

(код і назва)

на тему: Система керування паровим котлом

Виконав: Нощенко Нікіта Ігорович

_____ (підпис)

Керівник: Новацький А.О.

_____ (підпис)

Рецензент доцент кафедри ТК, к.т.н. Ткач М. М.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

Факультет _____ інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра _____ автоматики та управління в технічних системах
Ступінь вищої освіти _____ перший (бакалаврський)
Спеціальність _____ 6.050201 «Системна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ О.І.Ролік
(підпис) (ініціали, прізвище)
“___” _____ 2019_р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр"

Студенту _____ Нощенко Нікіті Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема проекту _____ Система керування паровим котлом
керівник проекту _____ Новацький Анатолій Олександрович

затверджені наказом по університету від “___” _____ 2019_р. № _____

2.Термін здачі студентом проекту “___” _____ 2019_р.

3.Вихідні дані до проекту 3.1 Параметри, які контролюються: тиск пару; рівень води; CO і CO₂; розрядження; 3.2 Виконавчі елементи: два двигуни постійного струму; два частотних перетворювачі; максимальний струм, який споживає ДПС-5А; 3.3 Відстань до центрального пункту керування: ≤100м.

4. Перелік питань, які мають бути розроблені:

а) основна частина 4.1 Вступ; 4.2 Призначення та область застосування; 4.3 Огляд існуючих рішень і обґрунтування вибору структури системи;

4.4 Обґрунтування вибору і опис роботи окремих вузлів; 4.5 Розробка і опис принципової схеми; 4.7 Розрахунки, що підтверджують працездатність розробки; 4.8 Розробка схеми алгоритму роботи.

5. Перелік графічного матеріалу:

5.1 Структурна схема

5.2 Функціональна схема

5.3 Принципова схема

5.4 Схема алгоритму роботи

6. Консультанти розділів проекту:

з технічної частини _____ к.т.н. доцент Новацький А.О.

7. Дата видачі завдання “_____” _____ 2019_р.

Керівник дипломного проекту _____ **А.О.Новацький**
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____ **Н.І.Нощенко**
(підпис)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Керівник дипломного
проекту

_____ А .О.Новацький
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ____ ” _____ 2019_р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК виконання дипломного проекту

студентом _____ Нощенко Нікітою Ігоровичем
(прізвище, ім'я, по батькові)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання	Примітка
1	Розробка структурної схеми	15.03.2019	
2	Вибір окремих вузлів	30.03.2019	
3	Розрахунки	15.04.2019	
4	Розробка принципової схеми	25.04.2019	
4	Розробка схеми алгоритму роботи	10.05.2019	
5	Оформлення текстової та графічної документації	20.05.2019	
6	Подання проекту до попереднього захисту	04.06.2019	
7	Представлення до захисту		

Студент _____
(підпис)

Керівник проекту _____
(підпис)

_____ Н.І.Нощенко
(ініціали, прізвище)
_____ Новацький А.О.
(ініціали, прізвище)

Пояснювальна записка

до дипломного прокету

на тему: «Система керування паровим котлом»

Київ - 2019

[illegible]

Поз.		Кіл.	
	<u>Резистори</u>		
R1	C2 - 29 - 0.125 - 39кОм ±0,5%	1	
R2	C2 - 29 - 0.125 - 820кОм ±0,5%	1	
R3	C2 - 29 - 0.125 - 10кОм ±0,5%	1	
R4	C2 - 29 - 0.125 - 120кОм ±0,5%	1	
	<u>Кнопки</u>		
SA1	Мікроперемикач МП7	1	
	<u>Діоди</u>		
VD1...VD11	КД522	11	
	<u>Транзистори</u>		
VT1,VT3	КТ819	2	
VT5,VT7	КТ819	2	
VT2,VT4	КТ819	2	
VT6,VT8	КТ819	2	
	<u>Раз'єми</u>		
XS1	Lumberg KPE 11	1	
XS2	Lumberg KPE 3	1	
XS3	Lumberg KP 6	1	
XS4	Lumberg KPE 7	1	
XS5	Lumberg KPE 7	1	

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ	5
2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА	7
3. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ І ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ	8
3.1 Огляд існуючих парових котлів	8
3.2 Розробка і опис структурної схеми	15
3.3 Опис функціональної електричної схеми системи керування паровим котлом.....	17
4 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ.....	20
4.1 CAN-протокол	20
4.2 CAN-трансивер.....	24
4.3 Мікроконтролер	26
4.4 Датчики	26
4.4.1 Датчик тиску пари.....	26
4.4.2 Датчик рівня води	27
4.4.3 Датчик CO і CO ₂	28
4.4.4 Датчик розрядження	28
4.4.5 Датчик полум'я	29

					<i>IA51.15БАК.002 ПЗ</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Система керування паровим котлом Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Акрушів
Розробив		Нощенко Н.І.							1	60
Перевірів		Новацький А.О.								
Н. Конт.										
Т. Затв.		Новацький А.О.			НТУУ «КПІ» ФІОТ <i>група ІА-51</i>					

4.5 Цифро-аналоговий перетворювач	30
4.6 Частотні перетворювачі.....	32
4.7 Регулюючі клапани	33
4.8 Тягодуттєві машини.....	34
4.8.1 Димосос.....	34
4.8.2 Вентилятор.....	35
4.9 Сигналізація.....	35
4.10 Двигун постійного струму	36
4.11 Драйвер ШІМ	36
4.12 Захисні діоди	43
4.13 Аналого-цифровий перетворювач.....	44
5 РОЗРАХУНКИ.....	47
5.1 Аналого-цифровий перетворювач.....	47
5.2 Широтно-імпульсний модулятор	49
5.3 Цифро-аналоговий перетворювач	54
6 РОЗРОБКА І ОПИС ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ	55
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	59

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

МК - мікроконтролер

ЦАП - цифро-аналоговий перетворювач

АЦП - аналого-цифровий перетворювач

ПВЗ - пристрій вибірки-зберігання

ДПС - двигун постійного струму

ДТП - датчик тиску пари

ДРВ - датчик рівня води

ЧП - частотний перетворювач

ШІМ - широтно-імпульсна модуляція

МЗР - молодший значущий розряд

					<i>IA51.15БАК.002 ПЗ</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасна теплоенергетика по рівню автоматизації займає одно з провідних місць серед інших галузей промисловості. Теплоенергетичні установки характеризуються безперервністю процесів, що протікають в них. При цьому вироблення теплової і електричної енергії у будь-який момент часу повинна відповідати споживанню (навантаженню). Майже усі операції на теплоенергетичних установках механізовані, а перехідні процеси в них розвиваються порівняно швидко. Цим пояснюється високий розвиток і актуальність автоматизації в тепловій енергетиці.

Автоматизацією є застосування комплексу засобів, що дозволяють здійснювати виробничі процеси без безпосередньої участі людини, але під його контролем. Автоматизація виробничих процесів призводить до збільшення випуску, зниження собівартості і поліпшення якості продукції, зменшує чисельність обслуговуючого персоналу, підвищує надійність і довговічність машин, дає економію матеріалів, покращує умови праці і техніки безпеки.

Розроблена автоматизована система управління роботою технологічного устаткування парового котла типу ДЕ, яка призначена для організації ефективного спалювання і економії палива при виробництві теплової енергії і пари, поліпшення екологічних умов експлуатації котельної, підвищення надійності устаткування, інформування обслуговуючого персоналу про протікання технологічного процесу, підвищення культури виробництва.

При розробці системи ставилися наступні завдання:

- безпечне включення/виключення котла;
- підтримка технологічних параметрів на заданому рівні;
- автоматична вентиляція;
- постійний контроль полум'я на пальнику.

					<i>IA51.15БАК.002 ПЗ</i>	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

Автоматична система управління паровим котлом призначена для автоматичного контролю параметрів і оперативного управління технологічним устаткуванням залежно від значень параметрів процесу виробництва теплової енергії в котлі.

Система застосовується в котельних установках житлово-комунальних господарств, для технологічних потреб і в системах опалювання з паровими котлами підприємств і організацій.

Застосування парових котлів в промисловості по галузях:

1. Сільське господарство:

- на птахофабриках: видалення паром пера і пуху з забитої птиці;
- на фермах з вирощування грибів: приготування поживного субстрату;
- у тваринництві: пропарювання кормів та виготовлення комбікорму в гранулах.

2. Харчова промисловість:

- у консервній промисловості пар використовується для термічної обробки продуктів і їх вакуумної упаковки, для виготовлення майонезів і кетчупів, у виробництві напоїв та для стерилізації тари;
- у молочній промисловості для стерилізації молочних продуктів, варіння сирних мас, очищення і стерилізації обладнання та ємностей;
- у м'ясопереробної галузі: для розморожування м'яса, при приготуванні ковбасних виробів і фаршу;
- у хлібопекарської та кондитерської промисловості: для варіння кондитерської маси, вистоювання тіста, очищення і стерилізації обладнання.

3. Медицина

Застосування парових котлів в цій галузі можливо для стерилізації інструменту і одягу.

4. Деревообробна промисловість:

- у сушильних камерах для сушіння деревини та виробів з неї;

					IA51.15БАК.002 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для створення і підтримки необхідного рівня вологості при сушінні деревини цінних порід, таких як бук, дуб.

5. Легка промисловість:

- в обробній виробництві для обробки і забарвлення тканин;
- для надання форми трикотажних виробів при їх відпарюванні і прасування.

6. Виробництво будматеріалів і будівництво:

- у виробництві залізобетонних виробів в пропарювальних камерах;
- на бетонних заводах для виробництва товарного бетону і при прогріванні інертних матеріалів;
- у виробництві пінополістиролу;
- на будівельних майданчиках для прогріву бітуму, видалення льоду з арматури і поверхонь.

7. У паливному господарстві застосування парових котлів зустрічається для розігріву густих паливних сумішей при їх розвантаженні і пропарюванню ємностей для зберігання.

8. У целюлозно-паперової промисловості - при виробництві туалетного паперу, гофротари (підігрів сушильних барабанів).

Крім того, застосування парових котлів можливо в військових частинах, автоколонах, маслосирзаводах, в нафтогазовій промисловості тощо.

					IA51.15БАК.002 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

2.1 Контрольовані параметри:

- тиск пари;
- рівень води;
- вміст CO та CO₂;
- розрідження у топці.

2.2 Виконавчі елементи:

- два двигуни постійного струму;
- два частотні перетворювачі;
- максимальний струм, споживаний ДПТ - 5А;
- діапазон напруги, що керує, на виході ЦАП: 0...5В

2.3 Відстань до центрального пункту управління: $\leq 100\text{м}$.

2.4 Відносна похибка АЦП $< 0,2\%$.

					<i>IA51.15БАК.002 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ І ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ

3.1 Огляд існуючих парових котлів

Основними тепловими агрегатами паротурбінної ТЕС є паровий котел та парова турбіна. Паровий котел являє собою системи поверхонь нагріву для виробництва пара з безупинно що надходить нього води шляхом використання теплоти, що виділяється при спалюванні палива, яке подається в топку разом з необхідним для горіння повітрям. Вода, яка надходить в паровий котел, підігрівається до температури насичення та випаровується.

При спалюванні палива утворюються продукти згоряння - теплоносії, який в поверхнях нагріву віддає теплоту воді і пару, званий робочим тілом. Після поверхонь нагріву продукти згоряння при відносно низькій температурі видаляються з котла через димову трубу в атмосферу. На електростанціях великої потужності димові труби мають бути заввишки 200-300 м і більше, щоб зменшити місцеві концентрації забруднюючих речовин в повітрі. В результаті горіння твердого палива залишаються зола і шлак, які теж видаляються з агрегату. Отримана в котлі перегріта пара надходить в турбіну, де його теплова енергія перетворюється в механічну, яка передається валу турбіни. З останнім пов'язаний електричний генератор, в якому механічна енергія перетворюється в електричну. Відпрацьована пара з турбіни направляється в конденсатор-пристрій, в якому пара охолоджується водою будь-якого природного (ріка, озеро, пруд, море) або штучного (градирня) джерела і конденсується.

Досвід експлуатації енергоблоків з котлами надкритичного тиску показав, що коефіцієнт використання агрегатів з одним корпусом не нижчий, ніж з двома. Крім того, внаслідок зменшення кількості пароводяної арматури і приладів автоматичного регулювання спрощується обслуговування енергоблоків з однокорпусними котлами. Ці обставини зумовили перехід до виробництва однокорпусних котлів надкритичного тиску.

					IA51.15BAK.002 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Паровий котел ТПП-312А з паропродуктивністю 1000 т/годпризначений для роботи на кам'яному вугіллі в блоці з турбіною 300 МВт. Він виробляє перегріту пару з тиском 25МПа й температурою 545°С та має к.к.д. 92%. Котел – однокорпусний, з промперегрівом, П-подібної компоновки з відкритою призматичною топковою камерою. Екрани по висоті топкової камери розділені на чотири частини: нижню радіаційну частину, середню, що складається з двох частин, і верхню радіаційну частину. Нижня частина топкової камери екранована ошипованими, покритими карборундом, трубами. Шлаковидалення – рідке. На виході з топкової камери розташований ширмовий пароперегрівник, у конвективній шахті – конвективні пароперегрівники високого і низького тиску. Температура пари високого тиску регулюється впорскуванням живильної води, а пари низького тиску – паропаровим теплообмінником. Підігрів повітря здійснюється в регенеративних повітропідігрівниках.

На останньому енергоблоці ТЕС «Нemweg» в Нідерландах встановлено паровий двопрхідний котел за технологією Бенсона паропродуктивністю при повному навантаженні 1980 т/год, спроектований фірмою «Mitsui Babcock Energy» й призначений для роботи на кам'яному вугіллі (як основному виді палива) і газі в блоці з турбіною потужністю 680 МВт.

Цей радіаційний прямоточний котел надкритичного тиску виробляє пару з тиском 26 МПа і температурою 540/568°С. Він працює в режимі модифікованого ковзаючого тиску, за якого тиск турбіни на вході регулюється до рівня, що змінюється разом з навантаженням енергоблоку. Котел обладнаний трьома пароперегрівниками з проміжними впорскуючими пароохолоджувачами й двома блоками проміжних пароперегрівників (хоча це цикл з одноразовим проміжним перегрівом). Економайзер є горизонтальним змійовиком з труб з ребристою поверхнею. Первинний пароперегрівник виконаний у вигляді одного горизонтального і одного вертикального блоку. Вторинний ширмовий пароперегрівник є підвісним одноконтурним блоком, а останній ступінь пароперегрівника також

					IA51.15BAK.002 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконаний у вигляді одноконтурного підвісного блоку. Температура гострої пари на виході котла 540°C.

Конструкція котла передбачає мінімізацію викидів NO_x за рахунок використання пальників з низьким виділенням NO_x і гострого дуття. Досягненню гарних екологічних показників сприяє десульфуризація димових газів, що дозволяє видаляти SO₂ з відпрацьованих газів.

Сучасний газомазутний паровий котел ТГМП-805СЗ паропродуктивністю 2650 т/год призначено для вироблення перегрітої пари з робочим тиском 25,5 МПа і температурою 545°C для парової турбіни потужністю 800 МВт. Котел прямоточний, газомазутний, однокорпусний, підвішений на хребтових балках, що опираються на колони будівлі котельного відділення, і може встановлюватися в районах із сейсмічністю 8 балів. Він має відкриту топкову камеру призматичної форми. Вона утворена суцільнозварними трубчастими панелями, в нижній частині яких розміщується суцільнозварний горизонтальний подовий екран, а у верхній частині – горизонтальний газохід, закритий зверху суцільнозварним трубчастим стельовим екраном. Екрани топкової камери розділені по висоті на нижню і верхню радіаційні частини.

На фронтовій і задній стінах топкової камери котла розміщено 36 газомазутних пальників. У горизонтальному газоході послідовно по ходу газів розміщено п'ять вертикальних конвективних поверхонь нагріву – парогенеруюча поверхня нагріву, що включена в пароводяний тракт котла до вбудованої засувки, три частини пароперегрівника високого тиску, вихідний ступінь пароперегрівника низького тиску.

Регулювання температури вторинної пари здійснюється за допомогою рециркулюючих газів. В опускному газоході, екранованому суцільнозварними трубчастими панелями, послідовно по ходу газів розміщений вхідний ступінь пароперегрівника низького тиску і водяний економайзер.

					<i>IA51.15БАК.002 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одним з найзначніших досягнень теплоенергетики кінця XX сторіччя в світі стало впровадження супернадкритичних котлів, які на даний час здатні працювати при тиску пари на виході 30 МПа і температурі 600/650°C. Це стало можливим завдяки розробкам в області технології матеріалів, які можуть витримувати умови високих температур і тиску. У «великій енергетиці» вже працюють котли (їх частіше називають «парогенераторами») продуктивністю більше 4000 т/год. Такі котли забезпечують парою енергоблоки 1000–1300 МВт на електростанціях в США, Росії, Японії і у деяких країнах Європи.

На даний час продовжується розробка нових моделей парових котлів для енергоблоків ТЕС. При цьому котли конструюються як на супернадкритичні, надкритичні, так і докритичні параметри пари. Наприклад, на 2 енергоблоках ТЕС «Нейвелі» (Індія) потужністю по 210 МВт кожний встановлені парові котли Еп-690-15,4-540 ЛТ, призначені для роботи на низькокалорійних індійських лігнітах. Це барабанні котли з природною циркуляцією, докритичного тиску з промперегрівом, однокорпусні, з твердим шлаковидаленням, баштового типу. Паропродуктивність такого котла 690 т/год, параметри пари – тиск 15,4 МПа на виході з котла й 3,5 МПа на виході з промпароперегрівника, температура пари 540°C.

Топкова камера котла відкрита і обладнана 12 спареними прямоточними багатоканальними пальниками, встановленими на всіх стінах топки в два яруси. Для очищення поверхонь нагріву встановлені апарати водяної і парової обдувки.

Необхідно відзначити, що енергетика країн СНД базується на застосуванні двох типів парових котлів – прямоточних і котлів з природною циркуляцією. У зарубіжній практиці нарівні з прямоточними котлами широко використовуються котли з примусовою циркуляцією.

Окрім основних – парових котлів високого і надкритичного тиску, – на ТЕС в даний час використовуються й інші типи котлів: пікові водогрійні котли, котли для спалювання вугілля в киплячому шарі, котли з

					IA51.15БАК.002 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

циркуляційним киплячим шаром й котлиутилізатори. Деякі з них і стануть прообразом котлів для майбутнього розвитку теплоенергетики.

У теплоенергетиці України зараз налічується 104 енергоблоки електричною потужністю понад 100 МВт, з них 91 - на твердому паливі.

У той же час за останні півсторіччя в теплоенергетичної галузі розроблені нові високоефективні технології, з використанням яких створено потужні парогенератори на сверхкритические параметри пара з системами сіро азотоочистки, котли з низькотемпературним киплячим шаром, циркулюючим киплячим шаром і киплячим шаром під тиском для парогазових установок на твердому паливі і т.д. Ці нові технології дозволяють значно підвищити ККД блоків ТЕС, а також знизити шкідливі викиди в навколишнє середовище, включити в паливний баланс відходи вуглезабачення.

В Україні є приклади впровадження нових технологій при заміні котлоагрегатів старого покоління. Так, на Старобешівській ТЕС вводиться в експлуатацію котел атмосферного циркулюючого киплячого шару за технологією «Лурги» потужністю 210 МВт. Він буде працювати на суміші антрацитів і шламу. Технологія циркулюючого киплячого шару дозволяє спалювати ці палива без використання для підсвічування (стабілізації процесу горіння) природного газу та мазуту з високими екологічними показниками в діапазоні зміни навантаження енергоблоку від 50 до 100% номінальної. Котел видаватиме пар з параметрами 14 МПа і 545 ° С при паропроодуктивності 670 т/год.

В основі технології арочного спалювання низькорекційного палив (антрацитів і худого вугілля з зольністю до 30% і малозольних нафтових коксів) лежать наступні принципи, що забезпечують її ефективність: тонкий помел палива, вертикальні пальника з циклонними концентраторами пилу на вході, інвертна структура факела, зниження променистих тепловтрат із зони горіння та ін. Основною ж відмінністю технології арочного спалювання палива від інших технологій є підвищення рівня температур в області ядра

					IA51.15БАК.002 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

горіння за рахунок її часткового екранування утерваним арочним склепінням і повернення в неї значної частини теплоти шлаку зі Скатова повітрям, що охолоджує випадають з факела жідкошлакові агломерати до затверділого стану. Це дозволяє здійснювати сухе золовидалення.

Технологія виробництва питного пастеризованого молока

Залежно від законодавчих норм і постанов, що діють в даній державі і на конкретному молочному заводі, склад технологічних ліній для виробництва питного молока може бути модифікований. Наприклад, нормалізація по жиру (в разі застосування) може виконуватися у вигляді попередньої нормалізації танку до пастеризації чи нормалізації в потоці (in-line), коли модуль стандартизації по жиру інтегрований в установку пастеризації (рисунк 3.1, 3.2).

1. Клапан відсічення пара
2. Клапан регулювання пара
3. Пластинчастий теплообмінник
4. РІ Конденсаційний горщик
5. Відцентровий насос
6. Клапан регулювання води
7. Розширювальний посудину
8. Запобіжний і вентиляційний клапани

ТІ - Індикатор температури

РІ - Індикатор тиску

					IA51.15БАК.002 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

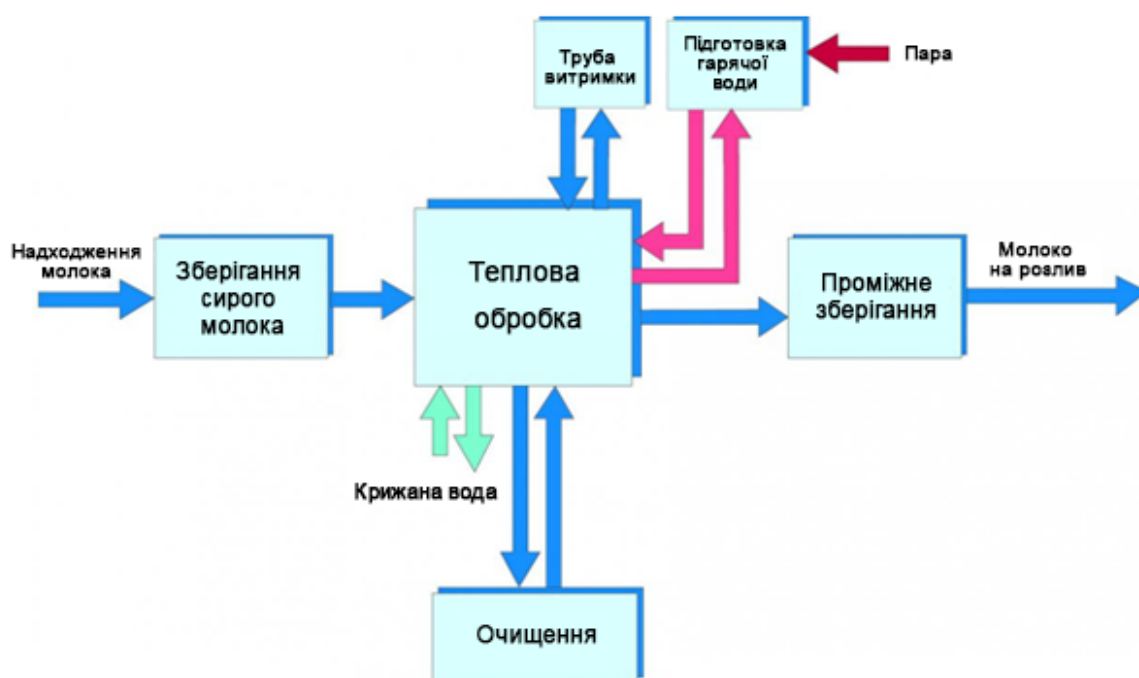


Рисунок 3.1 – Узагальнена блок-схема процесу пастеризації молока

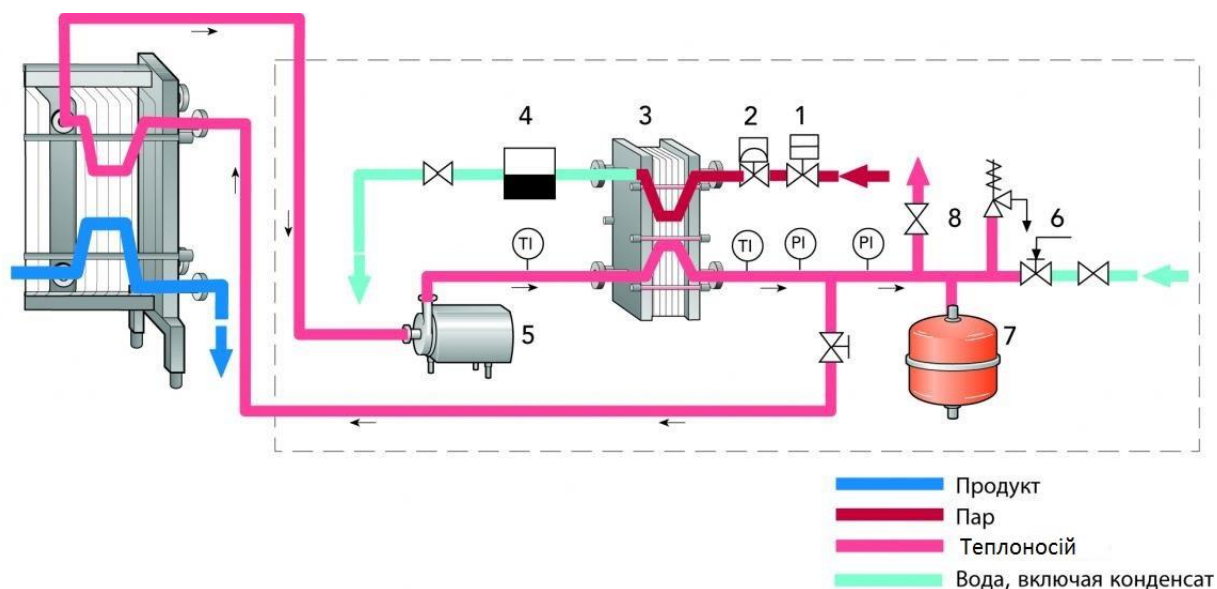


Рисунок 3.2 – Принципова схема циркуляції гарячої води, підключеної до пастеризатора

3.2 Розробка і опис структурної схеми

Структурна схема системи керування паровим котлом приведена на листі **IA51.15БАК.002 Э1.**

Автоматизація роботи парового котла ведеться за чотирма параметрами: підтримка тиску пари на заданому рівні, підтримка співвідношення газ-повітря, підтримка розрядки в топці котла і рівня води у барабані.

Основним елементом системи є мікроконтролер (МК), що забезпечує порівняння отриманих значень параметрів зі значеннями параметрів нормальної течії процесу, тобто він потрібний для здійснення аналізу значень контрольованих параметрів, формування дій, що управляють, визначення позаштатних ситуацій .

Для забезпечення збору значень параметрів технологічних процесів котельний агрегат і його технологічне устаткування оснащені датчиками, а для управління параметрами - виконавчими пристроями.

Інформація про поточне значення параметрів контролю знімається з аналогових датчиків (ДДП, ДУВ, ДСО і CO₂, ДР). Аналоговий мультиплексор по черзі підключає до аналого-цифрового перетворювача (АЦП) один з декількох аналогових електричних сигналів, що відображають поточні значення контрольованих параметрів. У випадку якщо за час перетворення АЦП, зміна вихідного сигналу відповідає зміні вихідного двійкового коду більше, ніж на одиницю молодшого значущого розряду (МЗР), то для зменшення так званої "апертурної" погрішності, що з'являється при цьому, в систему включають облаштування вибірки-зберігання (ПВЗ).

ПВЗ запам'ятовують миттєві значення вхідних аналогових сигналів у момент вибірки і підтримують їх постійними на вході АЦП впродовж часу перетворення останнього. З виходу АЦП інформація в двійковому коді поступає на вхід МК, який порівнює поточне значення контрольованого параметра із заданим значенням і виробляє дію, що управляє, відповідно до

					IA51.15БАК.002 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сигналу розузгодження і вибраного закону управління.

Таким чином, регулювання тиску відбувається за рахунок зміни подання газу до пальника. Технічно це виконується поданням з виходу МК дії (промодульованого за допомогою ШІМ1), що управляє, на ДПС1 (двигун постійного струму), який регулює положення клапана подання газу до котла. У наслідку цього відбувається зміна тиску пари, який реєструється датчиком тиску пари (ДТП), після чого процес відбувається по вищеописаному алгоритму.

Аналогічна підтримка рівня води відбувається шляхом отримання інформації з датчика рівня води (ДРВ) і видачі відповідної регулюючої дії з виходу МК на вхід ДПС2.

До складу системи входять два перетворювачі частоти (ЧП1 і ЧП2), що управляють частотою обертання вентилятора і димотяг для регулювання подання повітря і підтримки розрядки в топці. Управління перетворювачами частоти здійснюється поданням дискретних сигналів, що управляють, з виходу МК на вхід цифро-аналогового перетворювача (ЦАП), перетворення дискретних сигналів в аналогову форму і подання відповідного сигналу на аналоговий вхід ЧП1 або ЧП2. МК, що управляють, формує керуючі впливи шляхом порівняння отриманих значень параметрів від ДСО і СО2 і ДР з значеннями параметрів нормальної течії процесу.

Відстежування стану полум'я запальника пальника (його наявність або відсутність) здійснюється через дискретний датчик полум'я, а управління станом полум'я здійснюється МК шляхом подання сигналу, що управляє, на його включення (виключення). При виявленні МК позаштатної ситуації відбувається подання дискретного сигналу з виходу МК на включення сигналізації. При необхідності ми можемо виконати скидання МК. Уся інформація, що обробляється контроллером, може передаватися по лінії зв'язку в центральний пункт управління через CAN-інтерфейс для управління системою з більш високого рівня.

					<i>IA51.15БАК.002 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Опис функціональної електричної схеми системи керування паровим котлом

Функціональна схема системи керування паровим котлом приведена на листі **IA51.15БАК.002 Э2**.

Для вирішення поставлених завдань розроблена система повинна виконувати наступні функції:

- автоматичний збір значень параметрів технологічних процесів;
- аналіз значень контрольованих параметрів технологічних процесів;
- автоматичне управління параметрами технологічних процесів;
- визначення позаштатних ситуацій.

З аналізу покладених на систему управління функцій стає ясно, що для забезпечення збору значень параметрів технологічних процесів котельний агрегат і його технологічне устаткування мають бути оснащені датчиками, а для управління параметрами - виконавчими пристроями. Для здійснення аналізу значень контрольованих параметрів, формування дій, що управляють, визначення позаштатних ситуацій потрібний обчислювальний пристрій, що забезпечує порівняння отриманих значень параметрів зі значеннями параметрів нормальної течії процесу - установок.

Для управління процесами система у своєму складі повинна мати регулятори тиску пари, рівня води в котлі, подання повітря на горіння і розрядки в топці.

Підтримка тиску пари може здійснюватися регулюванням подання палива на спалювання з використанням як виконавче облаштування клапана, що обмежує подання палива в пальник (рисунок 3.3).

Для підтримки рівня води в котлі в якості виконавчого пристрою також може використовуватися клапан, який перекриватиме подання води в котел при наповненні котла до відмітки максимального рівня і відповідно дозволяти подання води при зниженні рівня (рисунок 3.4).

Регулювання подання повітря і підтримка розрядки в топці можуть здійснюватися зміною частоти обертання відповідного вентилятора.

Найбільш якісне регулювання подання повітря досягається застосуванням частотного перетворювача. Крім того, використання частотного перетворювача для регулювання частоти обертання вентилятора призводить до зниження споживання електроенергії вентилятором, а з урахуванням потужності електродвигуна і до значної економії (рисунок 3.5 і 3.6).

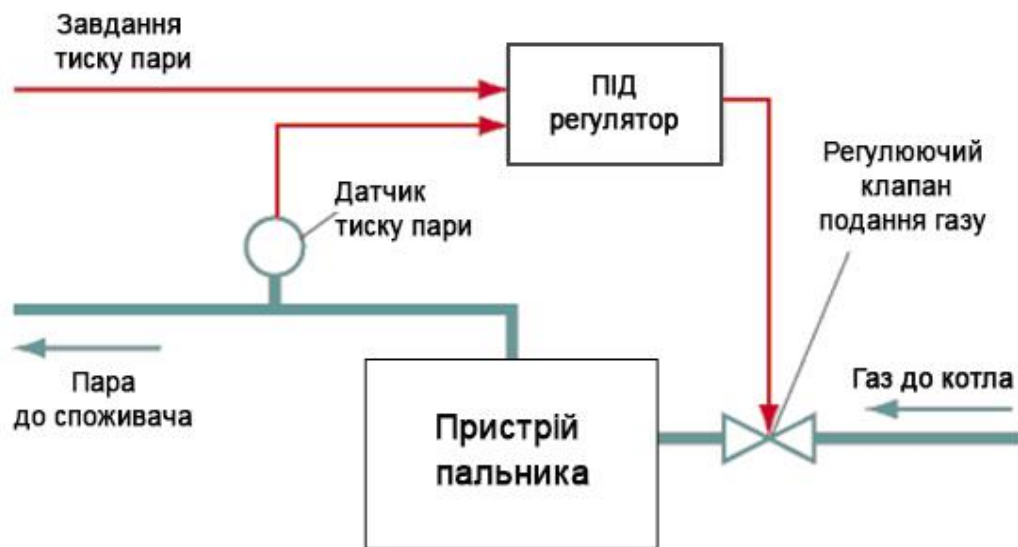


Рисунок 3.3 – Функціональна схема регулювання тиску пари

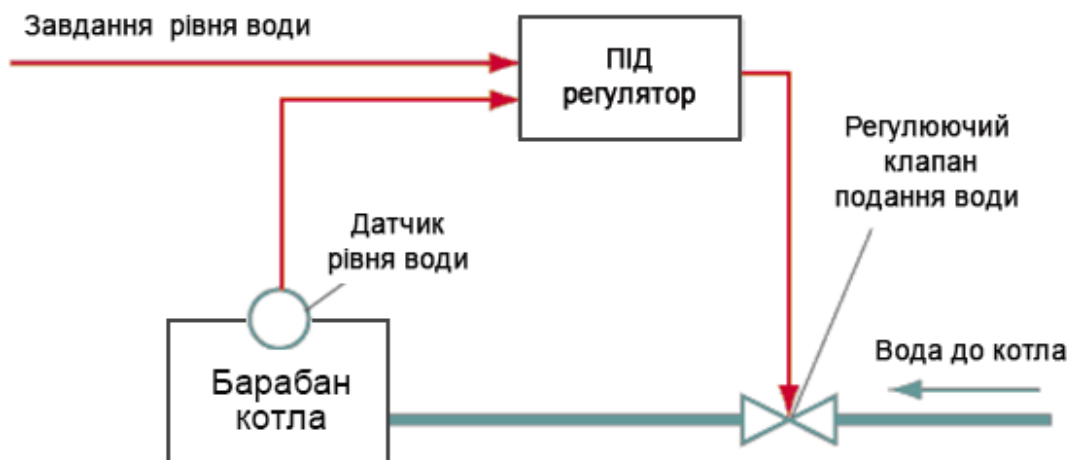


Рисунок 3.4 – Функціональна схема регулювання рівня води у барабані

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

IA51.15БАК.002 ПЗ

Арк.

18

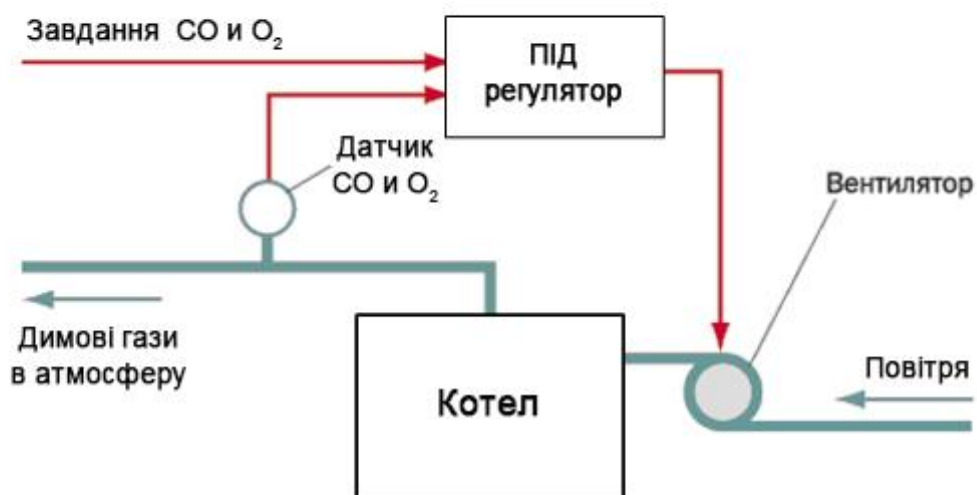


Рисунок 3.5 – Функціональна схема регулювання подання повітря

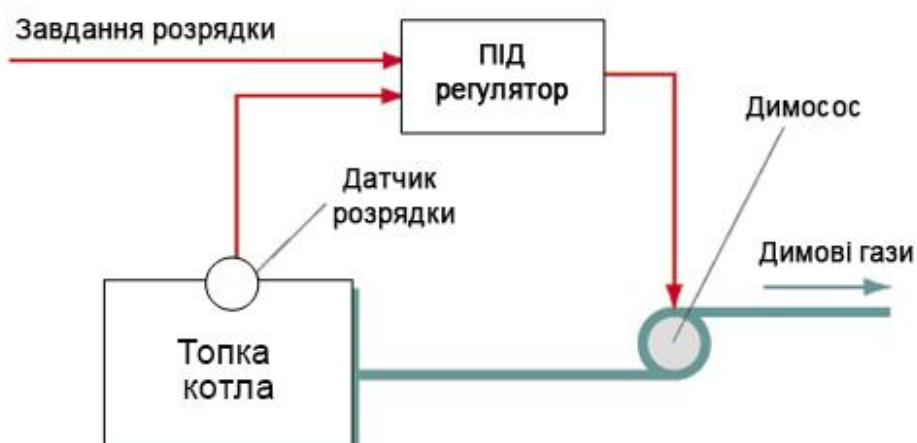


Рисунок 3.6 – Функціональна схема регулювання розрядки в топці

Функціональна схема системи керування виглядає таким чином (рисунок 3.7):

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

IA51.15БАК.002 ПЗ

Арк.

19

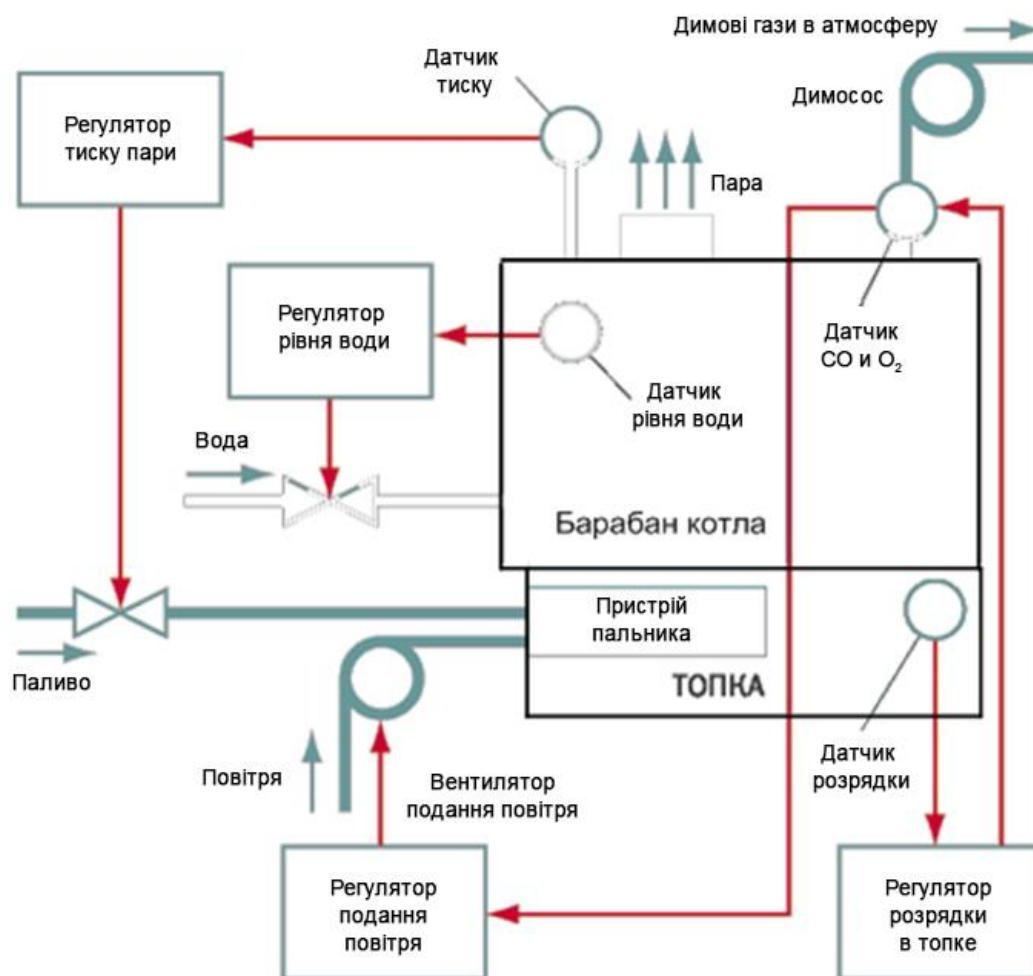


Рисунок 3.7 – Функціональна схема автоматичної системи регулювання

4 ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ

4.1 CAN-протокол

CAN - це система зв'язку для багатоконтролерних систем.

Протокол CAN активно використовується вже більше 30 років, що дуже важливо для таких консервативних областей як залізничний транспорт або суднобудування. CAN був розроблений в 1980 р. фірмою Robert Bosch для автомобільної промисловості. CAN-інтерфейс регламентований міжнародними стандартами ISO 11898 для високошвидкісних і ISO 11519 - для низькошвидкісних застосувань. Низька вартість визначається

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

IA51.15БАК.002 ПЗ

Арк.

20

хорошим співвідношенням ціна/продуктивність, також широкою доступністю CAN-контролерів на ринку. Надійність визначається лінійною структурою шини і равноправністю її вузлів, так званою мультимастерністю (Multi Master Bus), при якій кожен вузол CAN може отримати доступ до шини. Будь-яке повідомлення може бути послане одному або декільком вузлам. Усі вузли одночасно прочитують з шини одну і ту ж інформацію, і кожен з них вирішує, прийняти це повідомлення або ігнорувати його. Одночасний прийом дуже важливий для синхронізації в системах управління. Вузли, що відмовили, відключаються від обміну по шині.

Висока завадостійкість досягається завдяки пригніченню синфазних перешкод диференціальним приймачем, роботі вбудованих механізмів виявлення помилок (одна невиявлена помилка за 1000 років при щоденній 8-годинній роботі мережі на швидкості 500 Кбит/с), повтору помилкових повідомлень, відключенню несправних вузлів від обміну по шині і стійкості до електромагнітних завад (рисунок 4.1).

Гнучкість досягається за рахунок простого підключення до шини і відключення від шини CAN-вузлів, причому загальне число вузлів не лімітоване протоколом нижнього рівня. Адресна інформація міститься в повідомленні і поєднана з його пріоритетом, по якому здійснюється арбітраж. В процесі роботи можлива зміна пріоритету передаваного повідомлення. Слід також відмітити можливість програмування частоти і фази передаваного сигналу і арбітраж, що не руйнує структуру повідомлень при конфліктах. На фізичному рівні є можливість вибору різнотипних ліній передачі даних : від дешевої витої пари до оптоволоконної лінії зв'язку.

					<i>IA51.15БАК.002 ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

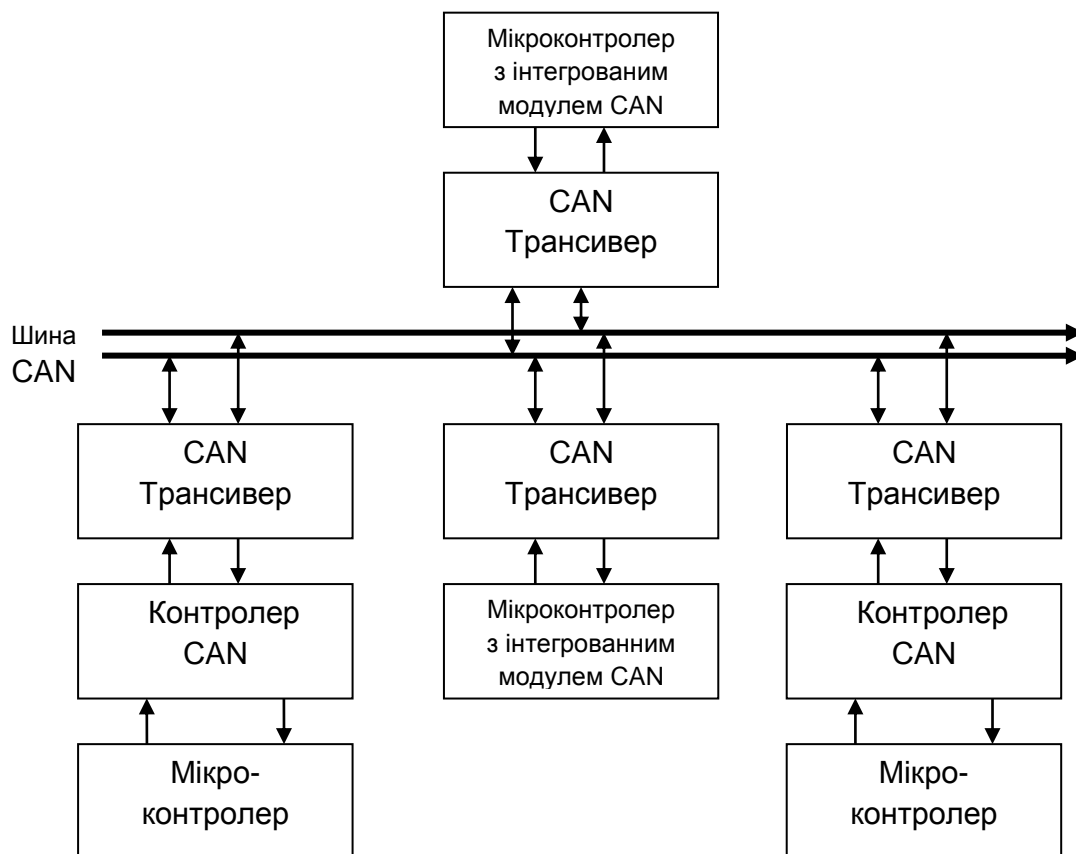


Рисунок 4.1 – Структура типової CAN мережі

Максимальна швидкість мережі CAN у відповідність з протоколом дорівнює 1 Mbit/sec. При швидкості в 1 Mbit/sec максимальна довжина кабелю дорівнює приблизно 40 метрам. Обмеження на довжину кабелю пов'язане з кінцевою швидкістю світла і механізмом побітового арбітражу (під час арбітражу усі вузли мережі повинні отримувати поточний біт передачі одночасно, ті сигнал повинен встигнути поширитися по усьому кабелю за одиничний відлік часу в мережі. Співвідношення між швидкістю передачі і максимальною довжиною кабелю приведені в таблиці 4.1.

Роз'єми для мережі CAN досі НЕ СТАНДАРТИЗОВАНІ. Кожен протокол високого рівня зазвичай визначає свій тип роз'ємів для CAN-мережі. Але міжнародна організація CiA (The CAN in Automation international users and manufacturers group) рекомендує у своєму стандарті CiA DS-102 для з'єднання окремих вузлів з CAN-шиною використати представлену на

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

рисунку 4.2 розводку виведень 9-контактного роз'єму D-Sub. Цю угоду використовують деякі протоколи більш високих рівнів CAN (CANopen, Smart Distributed System).

Таблиця 4.1 – Залежність швидкості передачі даних від довжини шини

Швидкість передачі	Час передачі біта	Довжина лінії зв'язку
1 Мбіт/с	1 мкс	40 м
800 Кбіт/с	1,25 мкс	50 м
500 Кбіт/с	2 мкс	100 м
250 Кбіт/с	4 мкс	250 м
125 Кбіт/с	8 мкс	500 м
62,5 Кбіт/с	20 мкс	1000 м
20 Кбіт/с	50 мкс	2500 м
10 Кбіт/с	100 мкс	5000 м

При необхідності передавати дані на великі відстані рекомендується використати вузли ретранслятори.

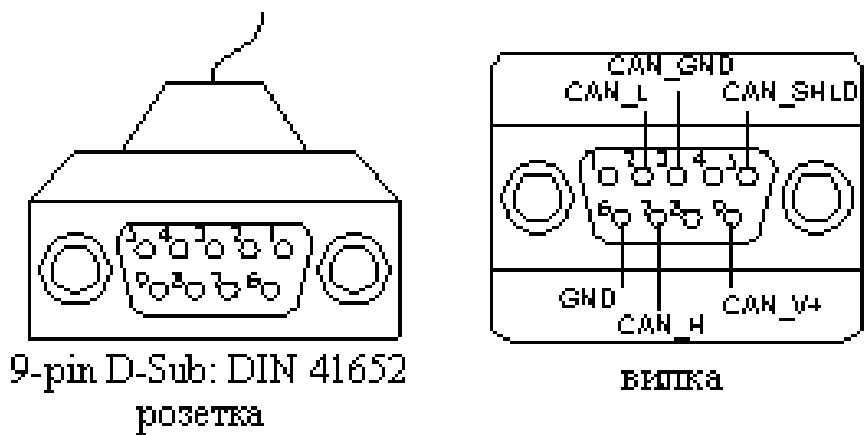


Рисунок 4.2 – CAN-роз'єм згідно стандарту CiA DS-102

Таблиця 4.2 – Призначення виведень CAN-роз'єму згідно стандарту
CiA DS-102

Контакт	Ланцюг	Примітка
1	-	
2	CAN_L	Низький рівень – домінантн. ст.
3	CAN_GND	Земля
5	(CAN_SHLD)	Екран (необов'язковий)
6	GND	Земля (необов'язковий)
7	CAN_H	Високий рівень – домінантн. ст.
8	-	
9	(CAN_V+)	Живлення (необов'язковий)

4.2 CAN-трансивер

CAN-трансивер типу "High Speed" отримав достатнє широке поширення. Вони з'єднуються з шиною CAN так, як показано на рисунку 4.3.

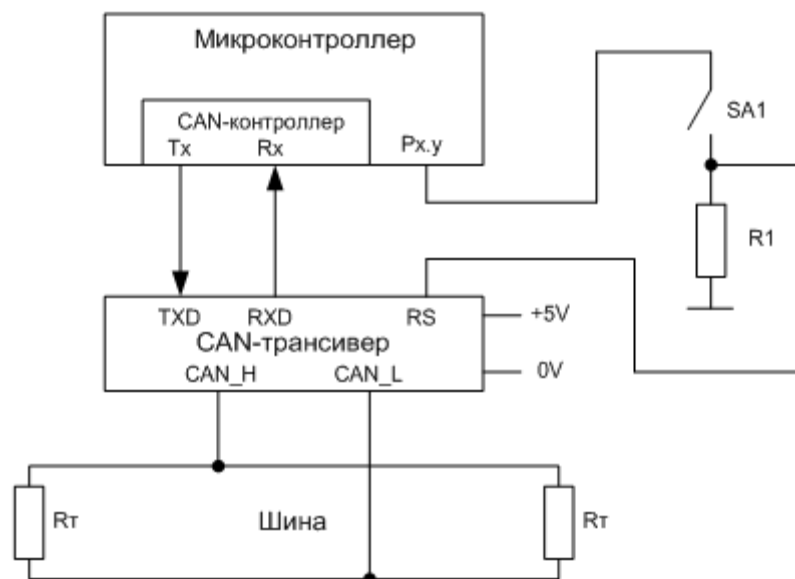


Рисунок 4.3 – З'єднання "High Speed" CAN-трансивера з шиною і мікроконтролером

Напруга живлення трансивера складає 5 В.

Для реалізації фізичного рівня CAN-мережі вибрана мікросхема MCP2551, яка повністю відповідає специфікації ISO 11898-2 і рекомендована для мікроконтролера AT90CAN128.

Існує три режими роботи, які настраюються ззовні через виведення Rs:

- високошвидкісний режим (High-Speed);
- режим регулювання швидкості наростання сигналу, який передається в CAN-шину (Slope-Control);
- режим очікування (Standby).

Високошвидкісний режим вибирається підключенням Rs до VSS. У цьому режимі вихідні драйвери мають велику швидкість наростання і спаду, що забезпечує найбільш високі швидкості передачі до 1 Мбита/с і/або максимальну довжину шини, а також забезпечують мінімальні циклічні затримки приймача.

Якщо треба зменшити випромінювані драйвером електромагнітні завади, MCP2551 можна встановити в режим регулювання швидкості наростання сигналу, який передається в CAN-шину, підключенням резистора від виведення Rs на загальний мінус. У цьому режимі швидкість наростання вихідної напруги на одному виведенні (на CANH або CANL) в основному пропорційна вихідному струму на виведенні Rs.

Зменшення швидкості наростання вихідної напруги призводить до зменшення швидкості передачі даних CAN при заданій довжині шини, або до скорочення довжини шини при заданій швидкості передачі даних.

Режим очікування (чи сплячий режим (Sleep)) встановлюється підключенням виведення Rs до VDD. У сплячому режимі передавач відключений, а приймач працює в режимі зниженого енергоспоживання. Виведення RxD, яке приймає як і раніше функціонує, але на меншій швидкості.

Режим очікування можна використати для установки приладу в режимі

					IA51.15БАК.002 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

меншого енергоспоживання і відключення передавача у разі, якщо контролер CAN несправний і видає на шину непередбачувані дані.

4.3 Мікроконтролер

У роботі обраний мікроконтролер AT90CAN128.

AT90CAN128 – низькоспоживаючий 8-бітовий КМОП мікроконтролер з AVR RISC- архітектурою. Виконуючи команди за один цикл, AT90CAN128 досягає продуктивності 1 MIPS при частоті задаючого генератора 1 МГц, що дозволяє розробникові оптимізувати відношення споживання до продуктивності.

AT90CAN128 має наступні характеристики: 128 КБ внутрисистемно програмованої Flash-пам'яті програми, 4 КБ EEPROM-пам'яті даних, 4 КБ SRAM (статичне ОЗУ), 53 лінії введення-виведення загальногозастосування, 32 робітників регістра загального призначення, CAN-контролер, годинник реального часу, чотири гнучкі таймери/лічильника з схемою порівняння і генератором сигнал з ШИМ, 2 USART, байт-орієнтований послідовний 2-проводний інтерфейс, 8 канальний 10 бітовий АЦП, програмований сторожовий таймер зі вбудованим генератором, SPI-порт, JTAG-порт з підтримкою внутрісистемною відладкою і п'ять програмно-ініціалізованих режимів зниженого споживання.

4.4 Датчики

4.4.1 Датчик тиску пари

Для безперервного перетворення абсолютного або надмірного тиску пари в стандартний струмовий вихідний сигнал 4-20 мА в розробленій системі використовується датчик тиску серії ALPHA N500, який спочатку призначений для роботи із засобами регулювання і іншими облаштуваннями автоматики.

					<i>IA51.15BAK.002 ПЗ</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні технічні характеристики датчика:

- верхні межі вимірів (ВМВ) абсолютного і надмірного тиску: от 0 до 0.01, 0.016, 0.025, 0.04, 0.06, 0.1, 0.16, 0.25, 0.4, 0.6, 1.0, 1.6, 2.5, 4.0, 6.0, 10.0, 16.0 МПа;
- робочий тиск, що гранично допускається : 3xВМВ, але не більше 30 МПа;
- вихідний сигнал: 4-20 мА;
- межа основної похибки, що припускається: $\pm 0.1\%$ ВМВ;
- стабільність: 0.1% ВМВ/год;
- споживана потужність: не більше 1 Вт;
- живлення постійною напругою 8...36 В;
- час відгуку : менше 1 мс;
- робочий діапазон температур: від - 50 до +100 °С;
- необхідний опір навантаження : не більше 1 кОм;
- маса: не більше 200 г;
- стійкість до вібрації: працездатний при дії синусоїдальної вібрації з прискоренням 49 м/с² в діапазоні частот від 10 до 500 Гц;
- робоче середовище: газоподібні і рідкі середовища, сумісні із сталлю 316L.

4.4.2 Датчик рівня води

З метою проведення точних безперервних вимірів рівня води у барабані котла використовується магнітострикційний датчик рівня рідини PEPPERLLMC.

Основні технічні характеристики датчика:

- вихідний сигнал: 4-20 мА;
- діапазон вимірів: 3 бар;
- приєднання: G2A;

					IA51.15BAK.002 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- щільність: 0,8 г/см³;
- температура процесу: -20...100С.

4.4.3 Датчик CO і CO₂

Для виявлення вуглекислого, чадного газу, водню і газів продуктів горіння в розробленій системі використовується датчик типу HS-811 виробництва компанії Sencera. Датчик відноситься до класу виробів середнього класу точності, є первинним, не містять вбудованих засобів підвищення точності, лінеаризації і компенсаційних схем.

При цьому вартість виробу залишається дуже низькою, а кількість зовнішніх електронних компонентів "обв'язування" мінімальна.

Основні технічні характеристики датчика:

- напруга живлення: 5 В;
- напруга подається на нагрівальний елемент: 6;
- вихідний сигнал: 4-20 мА;
- опір нагрівального елементу: 30 Ом;
- потужність нагрівального елементу: 1,2 Вт;
- температурний діапазон: 20...+50 °С;
- діапазон концентрацій: 350-10000ppm.
-

4.4.4 Датчик розрядження

Для безперервного перетворення значення розрядження газів в топці котла в уніфікований струмовий сигнал в розробленій системі використовується датчик розрядження MS2000.

Основні технічні характеристики датчика:

- межі вимірів приладу : від 0 до 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10 кПа;
- маса приладів не більша 4,8 кг;
- середній термін служби 12 років;

					IA51.15БАК.002 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- прилади витримують дію вібрації в діапазоні частот від 5 до 80 Гц з амплітудою 0,075 мм (група N3 по ГОСТ 12997-84);
- межа погрішності: $\pm 0,2\%$;
- вимірюване середовище: рідина, газ;
- вихідний сигнал: 4-20 мА;
- напруга живлення від 15 до 42 В;
- споживана потужність приладів не більша: 0,8 ВА.

4.4.5 Датчик полум'я

Для індикації наявності або відсутності полум'я пальника і формування сигналу для автоматики захисту котла в розробленій системі управління паровим котлом використовується датчик контролю полум'я АДП-01.1, чутливим елементом якого є фотодіод.

Основні технічні характеристики датчика:

- діапазон довжин хвиль полум'я: 400...1000 нм;
- діапазон частот пульсацій полум'я: 5-30 Гц;
- час затримки спрацьовування при появі полум'я : не більше 0.4 сек;
- час затримки спрацьовування при згасанні полум'я : не більше 2 сек;
- глибина регулювання чутливості : не менше 30 децибел;
- габарити: 98x55.5 мм;
- вага: 0,125 кг;
- вихідний сигнал: відкритий колектор;
- максимальний комутований струм: 0,1 А;
- максимальна комутована постійна напруга: 30 В;
- максимальна комутована змінна напруга: 220 В;
- напруга живлення: 18-27 В;
- споживаний струм: не більше 0.04 А.

					<i>IA51.15BAK.002 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.5 Цифро-аналоговий перетворювач

На сьогоднішньому ринку мікросхем представлено широкий спектр НВІС ЦАП, серед яких розповсюдженими є мікросхеми фірми «МАХІМ».

В роботу обрано ЦАП фірми «МАХІМ» – МАХ506, яку виконано за КМОН-технологією. Вона являє собою чотириканальний 8 - бітовий ЦАП, а також виконує функції шинного формувача, регістрів і схеми узгодження рівнів.

МАХ506 може працювати як від джерела живлення +5В, так і від двохполярного джерела $\pm 5В$.

Споживаний вхідний струм: 1мА при логічних КМОН-рівнях на цифрових входах і 2мА - при ТТЛ-рівнях.

Швидкість зміни вихідного сигналу: 0.7 В/мкс.

Час установлення вихідного сигналу: 6мкс.

Діапазон робочих температур: від -40°C до +85°C.

Сумарна похибка перетворення: 1МЗР.

Функціональну схему наведено на рисунку 4.4.

Адресні входи А0 і А1 відповідно до таблиці 4.3обирають (визначають) який з чотирьох ЦАП одержує інформацію із шини даних D0...D7 і здійснює перетворення в даний момент часу. Коли на вході WR (запис) присутній логічний нуль (активний сигнал) вхідна інформація запам'ятовується в одному з чотирьох регістрів – заціпок, де зберігається до наступного запису. Таблицю 4.3 у схемі МАХ506 реалізовано за допомогою вхідної логіки, що включає три інвертори і чотири кон'юнктори, які мають три входи.

					IA51.15БАК.002 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

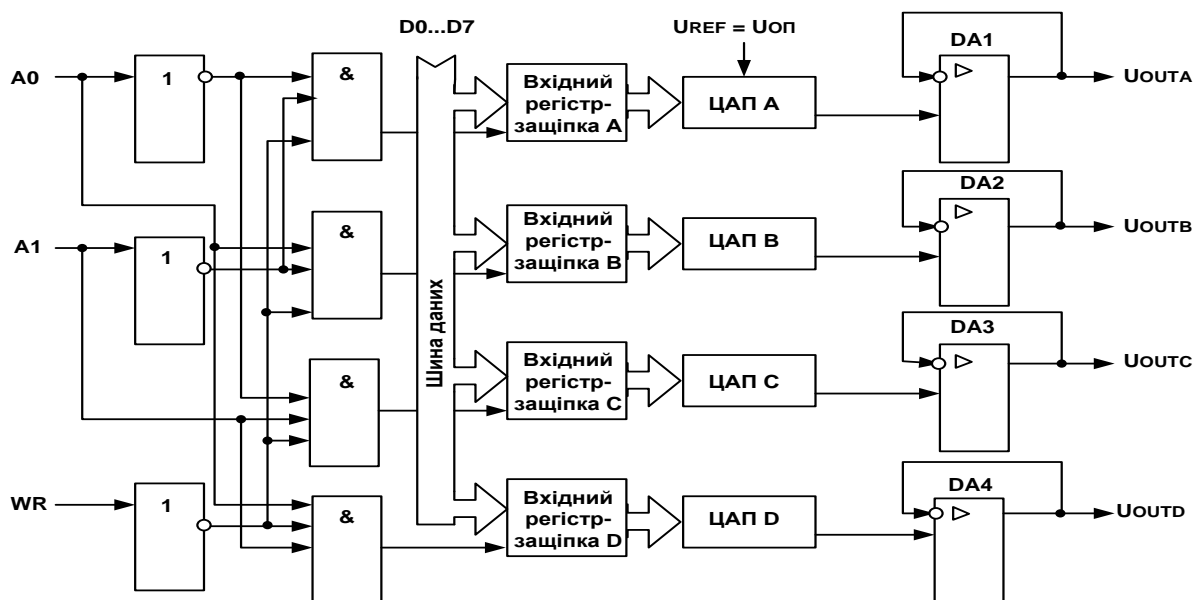


Рисунок 4.4 – Функціональна схема MAX506

Схема MAX506 містить 4-ри безпосередніх ЦАП з виходом за напругою, що включають зворотну R-2R матрицю з підсумовуванням напруг.

За допомогою матриці резисторів цифрове 8-розрядне слово, яке записано в резистор-защипку, перетворюється в еквівалентну аналогову напругу, пропорційну прикладеній еталонній напрузі U_{REF} .

Таблиця 4.3 – Адресація ЦАП MAX506

WR	A1	A0	Стан защипки
H	X	X	Вхідні дані ізольовані від защипок
L	L	L	Вхідна защипка А ЦАП прозора
L	L	H	Вхідна защипка В ЦАП прозора
L	H	L	Вхідна защипка С ЦАП прозора
L	H	H	Вхідна защипка D ЦАП прозора

H – високий стан, L – низький стан, X – не враховується

Розглянута мікросхема може працювати як в однополярному (таблиця 4.4), так і в біполярному режимі (таблиця 4.5).

4.6 Частотні перетворювачі

Для управління тягодуттєвими агрегатами і(димососи) котельної установки в розробленій системі використовуються два перетворювачі частоти Altivar виробництва SchneiderElectric, обертання вентилятора і димососа, що управляють частотою.

Оптимальне управління енергоспоживанням, залежно від необхідного навантаження, досягається автоматичною зміною частоти і амплітуди напруги, що подається на електродвигун.

Таблиця 4.4 – Однополярна кодова таблиця MAX506

Вміст ЦАП		Аналоговий вихід
Старші біти	Молодші біти	
1111	1111	$+U_{REF} \left(\frac{255}{256} \right)$
...	...	
1000	0001	$+U_{REF} \left(\frac{129}{256} \right)$
1000	0000	$+U_{REF} \left(\frac{128}{256} \right) = +\frac{U_{REF}}{2}$
0111	1111	$+U_{REF} \left(\frac{127}{256} \right)$
...	...	
0000	0001	$+U_{REF} \left(\frac{1}{256} \right)$
0000	0000	0В

Таблиця 4.5 – Біполярна кодова таблиця MAX506

Вміст ЦАП		
Старші біти	Молодші біти	
1 1 1 1	1 1 1 1	$U_{REF} (127 / 128)$
...
1 0 0 0	0 0 0 1	$U_{REF} (1 / 128)$
1 0 0 0	0 0 0 0	0В
0 1 1 1	1 1 1 1	$-U_{REF} (1 / 128)$
...
0 0 0 0	0 0 0 1	$-U_{REF} (127 / 128)$
0 0 0 0	0 0 0 0	$-U_{REF} (128 / 128) = -U_{REF}$

Основні технічні характеристики:

- номінальний струм від 12А до 630А, залежно від потужності асинхронних електродвигунів;
- номінальна входна напруга трифазна 380В +10...15%;
- частота входної напруги 50 (60) Гц;
- номінальна вихідна напруга регулюється від 15 до 400В;
- частота регулюється від 2 до 60Гц;
- комунікаційні можливості: RS232, RS485;
- коефіцієнт корисної дії >0,96.

4.7 Регулюючі клапани

Для регулювання подання води і газу до котла в розробленій системі використовуються 2-х ходові повнопрохідні компанії NationalEnvironmentalProducts, що регулюють клапани.

Основні технічні характеристики клапана:

- діаметр від 1/2" до 3";
- матеріал корпусу - мідь або бронза;
- діапазон температур від -30 до +121С

					IA51.15БАК.002 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Клапани використовуються з електронними приводами NEPTRONIC з кутовим переміщенням.

Основні технічні характеристики приводу:

- сигнал управління: on/off, 3pt, ШИМ, 4...20мА, [0]2...10В (MFT);
- максимальний момент: від 2Н*м до 40Н*м;
- максимальний перепад тиску для клапанів: від 6,9 до 40 бар;
- час повороту на кут 90град: 20сек.

4.8 Тягодуттєві машини

Тягодуттєві машини укомплектовані асинхронними електродвигунами.

4.8.1 Димосос

Для відсмоктування димових газів з топки парового котла розробленої системи використовується осьовий двоступінчатий дымосос ДОД 43.

Основные технические характеристики:

- діаметр робочого колеса : 4300 мм;
- крутєневий момент ротора : не більше 95000 кгс-м²;
- частота обертання : не більше 375 об/хв;

Аеродинамічні параметри при щільності газів на вході в дымосос 0,942 кг/м³:

- продуктивність: 1500 тыс. м³/ч;
- повний тиск: 453 даПа;
- потужність на валу: 2280 кВт;
- номінальна частота обертання: 370 об/хв;
- максимальний ККД: 82,5 %;

Сумарні рівні звукової потужності:

- шум нагнітання: 136,5 дБ;
- шум всмоктування: 132 дБ
- шум від корпусу: 119 дБ.

					IA51.15BAK.002 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.8.2 Вентилятор

Для подання повітря в топку парового котла розробленої системи використовується вентилятор тягодуттєвий котельний ВДН 32Б.

Основні технічні характеристики:

- діаметр робочого колеса: 3200 мм;
- крутєний момент ротора : не більше 17600 кгс•м²;
- частота обертання : не більше 750 об/хв;
- температура повітря на вході у вентилятор: не більше 100 ° С.

Аеродинамічні параметри при щільності газів на вході у вентилятор 1,161 кг/м³ :

- продуктивність: 475 тыс. м³/год;
- повний тиск: 603 даПа;
- потужність на валу: 920 кВт;
- номінальна частота обертання: 740 об/хв;
- максимальний ККД: 88%

Сумарні рівні звукової потужності:

- шум нагнітання 124,5 дБ;
- шум всмоктування 124,5 дБ;
- шум від корпусу 110,5 дБ

4.9 Сигналізація

Сигналізація параметрів і захист фізично потрібні для розробленої системи управління паровим котлом, оскільки оператор або машиніст котла не в силах устежити за усіма параметрами функціонуючого котла. Внаслідок цього може виникнути аварійна ситуація, тоді спалахне табло "Аварія" і спрацює дзвінок гучного бою.

					IA51.15БАК.002 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.10 Двигун постійного струму

В роботі використовується електродвигун постійного струму. Двигуном можна керувати за допомогою широтно-імпульсної модуляції[6]. Реалізувати широтну-імпульсну модуляцію можна з допомогою вбудованого в мікроконтролер таймера. Вибір двигуна є важливим, оскільки від цього вибору буде залежати стабільність роботи системи. Реверсивний режим двигуна постійного струму здійснюється зміною полярності.

Двигунами постійного струму можна керувати за допомогою реле або транзисторів. Одиночне перемикає реле вмикає і вимикає двигун, а парне відповідає за напрямок обертання.

Регулювання швидкості обертання двигуна постійного струму зазвичай забезпечується за допомогою формування керуючих імпульсів у вигляді сигналів з широтно-імпульсною модуляцією. Подібний підхід дозволяє регулювати середню величину потужності, що надходить на двигун. В даному випадку, чим більше величина відношення «тривалість імпульсу / період», тим більше потужність надходить на двигун.

Частота сигналу з широтно-імпульсною модуляцією повинна перевищувати 20 кГц, що дозволяє виключити звукові ефекти, пов'язані з формуванням звукових сигналів самим двигуном при зміні магнітного поля, яке в ньому утворюється [6].

4.11 Драйвер ШІМ

Для керування двигуном постійного струму нам потрібно підключати його за допомогою відповідної мостової схеми, яку зображено на рисунку 4.5 [6].

					<i>IA51.15БАК.002 ПЗ</i>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

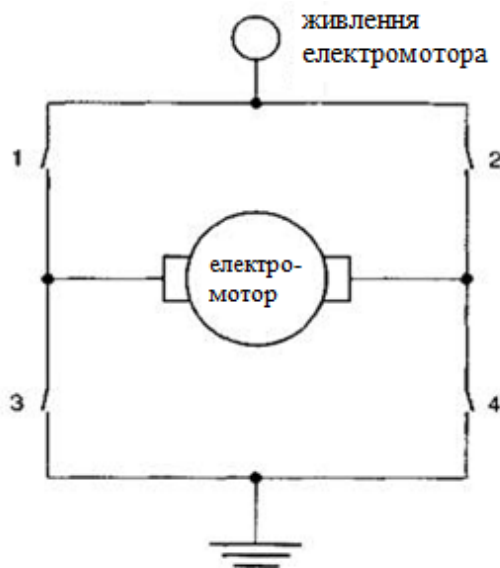


Рисунок 4.5– Мостова схема підключення двигуна постійного струму

Також, нам бажано знайти пристрій, який би перетворював керуючі сигнали малої потужності у струми, достатні для керування двигунами. Такі пристрої називаються драйверами двигунів.

Існує достатньо багато самих різних схем для керування двигунами постійного струму. Вони відрізняються як потужністю, так і елементною базою, на якій вони виконані. Нижче зупинимось на простому драйвері керування двигунами, який виконано у вигляді повністю готової до роботи мікросхеми. Назва цієї мікросхеми L293D і вона є одною з самих розповсюджених мікросхем, призначених для цих цілей. Зовнішній вигляд мікросхеми L293D показано на рисунку 4.6[6].



Рисунок 4.6 – Мікросхема L293D

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

IA51.15БАК.002 ПЗ

Арк.

37

L293D включає одразу два драйвери для керування двома електродвигунами відносно невеликої потужності. Це відбувається через чотири незалежних канали, які об'єднано у дві пари. Мікросхема також має дві пари входів для сигналів керування і дві пари виходів для підключення електродвигунів. Крім того, у L293D є два входи для вмикання кожного з драйверів.

Ці входи використовуються для керування швидкістю обертання електродвигунів за допомогою широтно-імпульсної модуляції сигналів. Саме через це ця мікросхема нам добре підходить.

Також, L293D забезпечує розділене живлення для мікросхеми і для керованих нею двигунів, що дозволяє підключати електродвигуни з більшою напругою живлення, чим у мікросхеми. Розділення живлення мікросхеми і електродвигунів нам також буде необхідним для зменшення завад, які викликані стрибками напруги, що пов'язані з роботою двигунів.

Обидва драйвери, що входять у склад мікросхеми мають ідентичні принципи роботи, тому розглянемо принцип роботи лише одного з них. Спрощений вид драйвера наведено на рисунку 4.7 [6].

До виходів OUTPUT1 та OUTPUT2 підключається двигун постійного струму MOTOR1. На вхід ENABLE1, який відповідає за ввімкнення драйвера, подаємо керуючий сигнал, наприклад, під'єднаємо його до додатного полюсу джерела живлення +5V. Якщо при цьому на входи INPUT1 та INPUT2 не подаються відповідні керуючі сигнали, то двигун обертатися не буде.

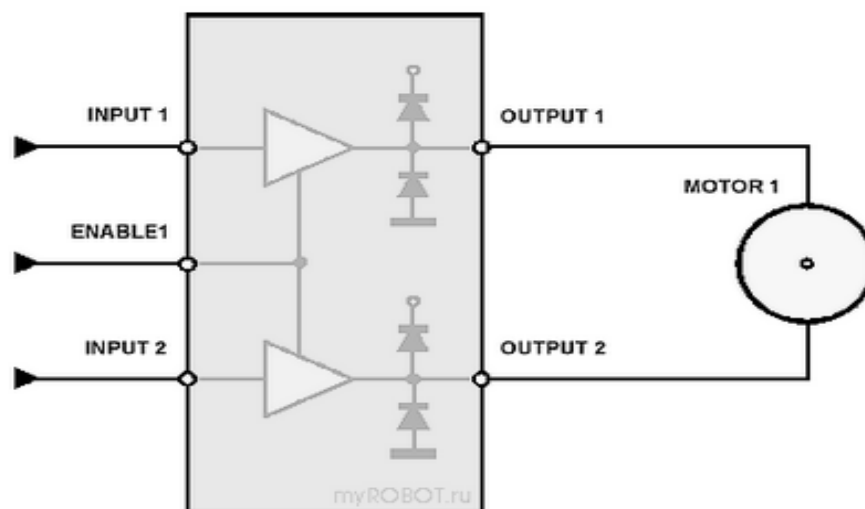


Рисунок 4.7 – Спрощений вид драйвера мікросхеми L293D

Якщо вхід INPUT1 з'єднати з додатним полюсом джерела живлення, а вхід INPUT2 – з від'ємним, то двигун почне обертатися.

Тепер з'єднаємо вхід INPUT1 з від'ємним полюсом джерела струму, а вхід INPUT2 – з додатним. Двигун почне обертатися в іншу сторону.

Спробуємо подати сигнали одного рівня одразу на два керуючих входи INPUT1 та INPUT2, тобто під'єднати обидва входи до додатного полюсу джерела живлення або до від'ємного. Як результат – двигун обертатися не буде.

Якщо ми приберемо керуючий сигнал з входу ENABLE1, то при будь-яких варіантах наявності сигналів на двох входах INPUT1 та INPUT2 двигун обертатися не буде. На вхід ENABLE1 подається ШІМ – сигнал, який формується ШІМ-модулем мікроконтролера. Змінюючи шпаруватість цього сигналу ми змінюємо постійну складову імпульсного сигналу, що в свою чергу змінює швидкість обертання двигуна.

На рисунку 4.8 показано нумерацію та позначення виводів мікросхеми [6].

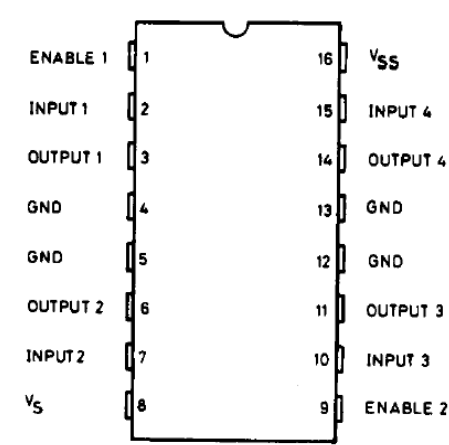


Рисунок 4.8 – Нумерація та позначення виводів мікросхеми L293D

Призначення виводів:

- входи ENABLE1 та ENABLE2 відповідають за вмикання відповідного драйвера, що входить у склад мікросхеми. Це ті самі входи для ШІМ – сигналу, які ми будемо використовувати;
- входи INPUT1 та INPUT2 керують двигуном, який підключено до виходів OUTPUT1 та OUTPUT2;
- входи INPUT3 та INPUT4 керують другим двигуном, який підключено до виходів OUTPUT3 та OUTPUT4;
- контакт Vs з’єднують з додатним полюсом джерела живлення двигунів або просто з додатним полюсом джерела живлення, якщо схема і двигуни живляться від одного джерела. Простіше кажучи, цей контакт відповідає за живлення електродвигунів;
- контакт Vss з’єднують з додатним полюсом джерела живлення. Цей контакт забезпечує живлення самої мікросхеми;
- чотири контакти GND з’єднують з “землею”, спільним дротом
- або від’ємним полюсом джерела живлення. Крім того, за допомогою цих контактів зазвичай забезпечують тепловідвід від мікросхеми, тому їх краще всього паяти на достатньо широку контактну поверхню.

Дана мікросхема має наступні технічні характеристики:

- напруга живлення двигунів (V_s) – 4,5...36 В;
- напруга живлення мікросхеми (V_{ss}) – 5 В;
- допустимий струм навантаження – 600 мА (на кожен канал);
- піковий (максимальний) струм на виході – 1,2 А (на кожен канал);
- логічний “0” вхідної напруги – до 1,5 В;
- логічна “1” вхідної напруги – 2,3...7 В;
- швидкість перемикачів до 5 кГц;
- захист від перегріву.

Інший спосіб керування двигунами постійного струму заснований на використанні мостових схем типу L298N (SGS– Thomson, RS636– 384). Це двоканальний пристрій, який працює від рівнів ТТЛ, з потужною напругою до 46 В та струмом до 2 А на кожен канал. Спрощену структуру мікросхеми зображено на рисунку 4.9 [6]..

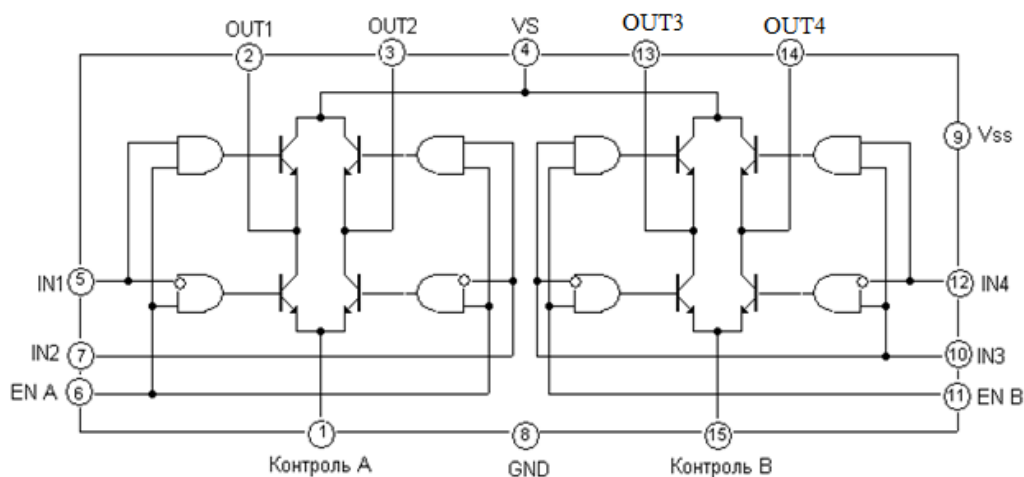


Рисунок 4.9– Розташування видів і внутрішня структура мостового пристрою керування L298N

Через вивід V_s (контакт 4) надходить напруга живлення для двигуна. На вивід V_{ss} (контакт 9) подається напруга живлення мікросхеми (+5 В). На входи ENA і ENB (контакти 6 і 11) подаються керуючі ШІМ – сигнали. Входи IN1 і IN2 (контакти 5 і 7) керують напрямком

обертання двигуна для першого каналу, а IN3 і IN4 – другого. Емітери транзисторів з'єднано для підключення зовнішніх контролюючих датчиків.

Коли на вході ENA низький рівень, входи заблоковані і двигун не обертається. Якщо на цей вхід подати високий рівень, входи відкриваються.

Входи IN1 і IN2 керують режимами роботи двигуна наступним чином:

- IN1 – 1, IN2 – 0 – двигун обертається за годинниковою стрілкою;
- IN1 – 0, IN2 – 1 – двигун обертається проти годинникової стрілки;
- IN1 = IN2 = 0 двигун не обертається.

Якщо, наприклад, вихідний струм, що надходить безпосередньо на обмотку двигуна постійного струму досягає величини до 5 А, то на вихід схеми ми ставимо додаткові пари транзисторів, шунтуючи їх також захисними діодами. Таким чином остаточна схема буде вигляд, показаний на рисунку 4.10 [6].

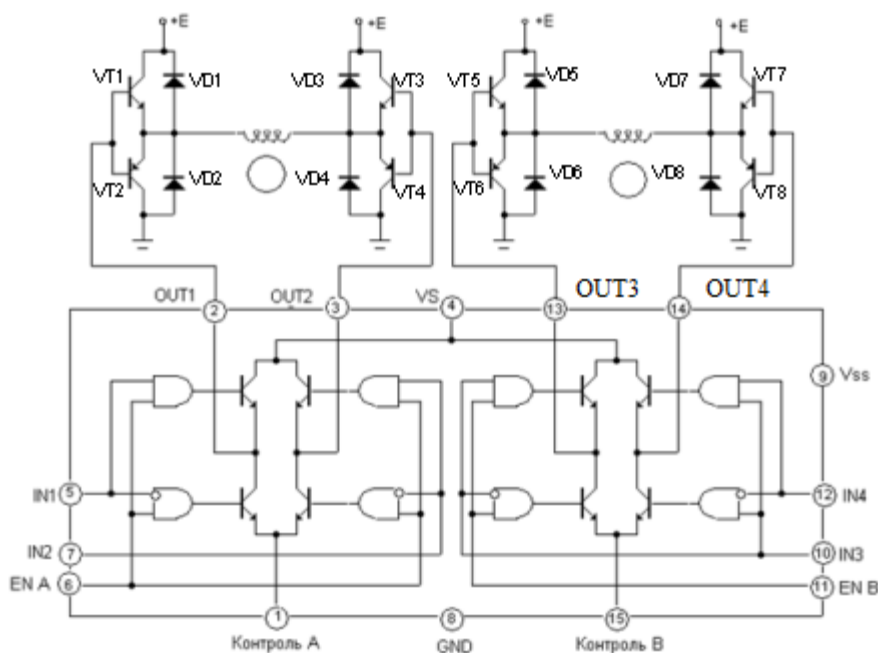


Рисунок 4.10 – Остаточна схема драйвера ШІМ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

IA51.15БАК.002 ПЗ

Арк.

42

4.12 Захисні діоди

Як видно з рисунка 4.10 схема містить 8 захисних діодів VD1... VD8. Ці діоди призначені для захисту транзисторних ключів (VT1...VT8) від додатних (VT1, VT3, VT5, VT7) і від'ємних (VT2, VT4, VT6, VT8) паразитних імпульсів досить високої амплітуди, які з'являються на обмотках двигуна при комутації обмоток. Додатні імпульси виникають при запиранні (вимиканні) ключів, а від'ємні – при включенні. Механізм виникнення цих імпульсів описаний нижче [6].

Коли сила струму в котушці змінюється, змінюється і магнітний потік всередині котушки, який збуджує у ній електрорушійну силу (ЕРС) індукції (ЕІ). Ця ЕРС протидіє зміні магнітного потоку (правило Ленца). Якщо, наприклад, струм у котушці різко збільшується (включення ключа), то наростаючий магнітний потік індукує в котушці ЕРС: ЕІ, під дією якої виникає струм, протилежний первісному струму і прагне загальмувати його. При цьому на ключі виникає від'ємний імпульс (рисунок 4.11, а) достатньо великої амплітуди, який може вивести ключ з ладу.

Якщо ж струм в котушці різко зменшується (при виключенні ключа), то убиваючий магнітний потік збуджує ЕРС індукції: ЕІ, яка створює струм, спрямований аналогічно вихідного струму, що підтримує в котушці початковий струм. При цьому на ключі виникає додатний імпульс (рисунок 4.11, б) достатньо великої амплітуди, який може вивести ключ з ладу.

					<i>IA51.15БАК.002 ПЗ</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

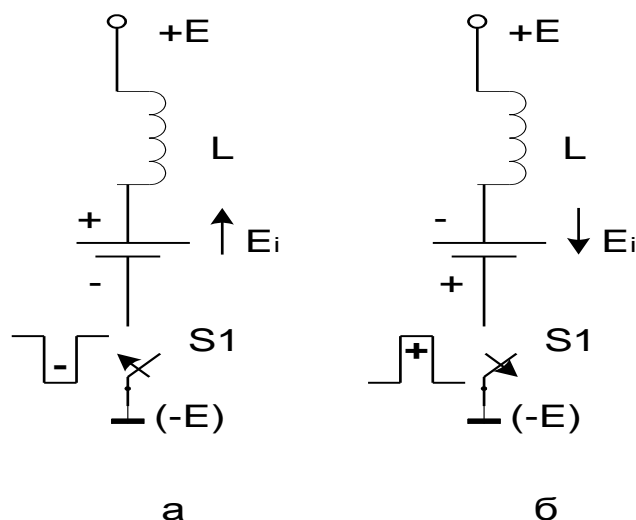


Рисунок 4.11– Виникнення паразитних імпульсів при комутації ключів:
а –від’ємний імпульс при включенні ключа; б –додатний імпульс при відключенні ключа

4.13 Аналого-цифровий перетворювач

Для перетворення аналогової напруги, що знімається з датчика вологості, застосований АЦП у складі мікроконтролера AT90CAN128.

Модуль 10-розрядного АЦП послідовного наближення входить до складу мікроконтролера та має наступні основні параметри[1, 2]:

- абсолютна погрішність: ± 2 МЗР (молодших значущих розрядів);
- інтегральна нелінійність: ± 0.5 МЗР;
- швидкодія: до 15 тис. вибірок/с.

На вході модуля АЦП усіх моделей є 8-канальний аналоговий мультиплексор, що надає в розпорядження користувача 8 каналів з однополярними входами.

В якості джерела опорної напруги для АЦП може використовуватися як напруга живлення мікроконтролера, так і внутрішнє або зовнішнє джерело опорної напруги.

В процесі роботи АЦП може функціонувати в двох режимах:

- режим поодинокого перетворення, коли запуск кожного перетворення ініціюється користувачем, (обраний в роботі);
- режим безперервного перетворення, коли запуск перетворень виконується безперервно через певні інтервали часу.

АЦП містить УВХ (облаштування вибірки-зберігання), яке підтримує на постійному рівні напругу на вході АЦП під час перетворення.

Мультиплексор входів, що інвертуються, диференціальний підсилювач і мультиплексор, керуючі регістри для програмування модуля АЦП описано у [2].

Для каналів з однополярним (несиметричним) входом результат перетворення визначається виразом: $ADC = \frac{1023 U_{IN}}{U_{REF}}$, де U_{IN} – значення вхідної напруги, U_{REF} – величина опорної напруги, ADC – десятковий еквівалент двійкового коду на виході АЦП[1, 2].

. На рисунку 4.12 представлено функцію перетворення АЦП в однополярному режимі. Код 0x000 відповідає рівню аналогової землі, а 0x3FF – рівню напруги ДОН мінус 1 крок квантування за напругою.

Таблиця 4.6 відображає зв'язок між вхідним сигналом й вихідними кодами для однополярного режиму.

Приклад: Нехай $ADMUX = 0x00...0x07$ (будь-який однополярний вхід), напруга на одному з входів 1000 мВ, напруга ДОН рівна 2,56 В, тоді:

$$\text{КодАЦП} = 1024 * 1000 / 2560 = 400 = 0x190.$$

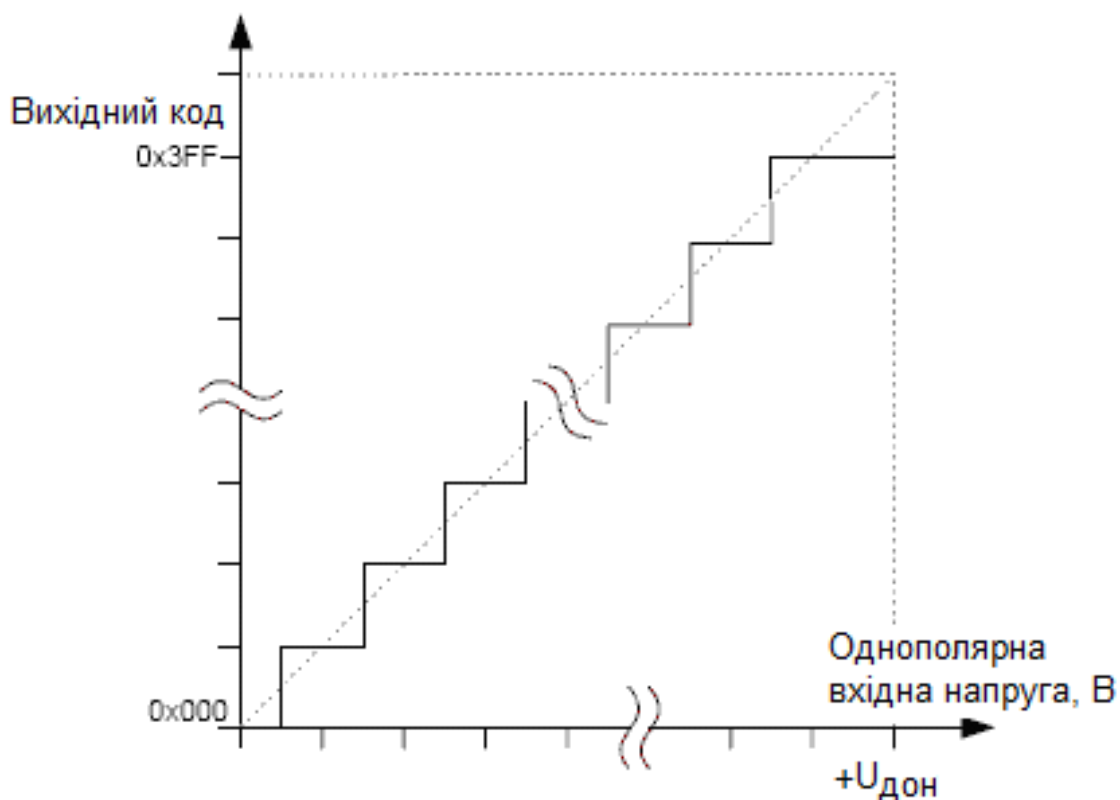


Рисунок 4.12 – Функція перетворення АЦП при зміні однополярного сигналу

Таблиця 4.6 – Зв'язок між вхідним и вихідним кодами

$U_{\text{АЦПн}}^*$	Зчитаний код	Відповідне десяткове значення
$U_{\text{АЦПм}} + U_{\text{дон}}$	0x3FF	1023
$U_{\text{АЦПм}} + 0.999 U_{\text{дон}}$	0x3FF	1023
$U_{\text{АЦПм}} + 0.998 U_{\text{дон}}$	0x3FE	1022
...
$U_{\text{АЦПм}} + 0.001 U_{\text{дон}}$	0x001	1
$U_{\text{АЦПм}}$	0x000	0

$U_{\text{АЦПм}}$ – вхідна напруга, яка дорівнює нулю, $U_{\text{АЦПн}}$ – поточне значення вхідної напруги.

Для каналів з диференціальним входом результат перетворення описується в [2].

5 РОЗРАХУНКИ

5.1 Аналого-цифровий перетворювач

В АЦП здійснюється квантування (дискретизація) за рівнем і часом (рисунок 5.1) [4]. На вхід перетворювача надходить аналогова напруга $U_{вх}$, що перетворюється в дискретну величину, яка визначається у фіксовані моменти часу найближчим до безперервної (аналогової) величини рівнем квантування.

На виході АЦП кожному дискретному значенню відповідає комбінація двійкового коду, число розрядів якого позначимо буквою N_p . Величина N_p залежить від числа дискретних значень N_d на виході АЦП, включаючи нульове. Вибір N_p робиться відповідно до співвідношення:

$$2^{N_p} \geq N_d. \quad (5.1)$$

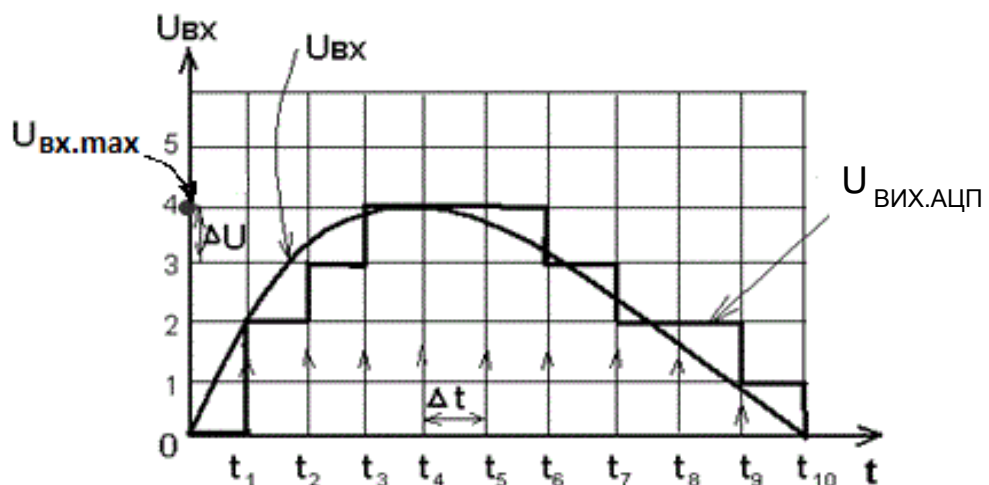


Рисунок 5.1 – Квантування (дискретизація) аналогової величини за рівнем і часом

Число дискретних значень (рівнів квантування) залежить від похибки квантування за рівнем.

Абсолютна похибка квантування за рівнем

$$\delta_{ABC} \leq \frac{\Delta U}{2}, \quad (5.2)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

IA51.15БАК.002 ПЗ

Арк.

47

де ΔU – величина кроку квантування за рівнем, що дорівнює

$$\Delta U = \frac{U_{BX\,MAX} - U_{BX\,MIN}}{N_D - 1}. \quad (5.3)$$

З наведеного співвідношення (5.2) випливає, що максимальна абсолютна похибка дорівнює половині кроку квантування за рівнем. Відносна похибка квантування за рівнем

$$\begin{aligned} \delta_{ВІД} &\leq \frac{\delta_{АБС} \cdot 100\%}{U_{BX\,MAX} - U_{BX\,MIN}} = \frac{\Delta U \cdot 100\%}{\{2 \cdot (U_{BX\,MAX} - U_{BX\,MIN})\}} = \\ &= \frac{(U_{BX\,MAX} - U_{BX\,MIN}) \cdot 100\%}{\{(N_D - 1) \cdot 2 \cdot (U_{BX\,MAX} - U_{BX\,MIN})\}} = \frac{50}{N_D - 1} [\%]. \end{aligned} \quad (5.4)$$

У наведеній формулі з N_D віднімається одиниця, тому що одним з дискретних значень є нульове. Звідси необхідне число дискретних значень, що відображує нашу безперервну функцію з заданою точністю, визначається як

$$N_D \geq \frac{50}{\delta_{ВІД}} + 1. \quad (5.5)$$

Наприклад, при $\delta_{ВІД} \leq 0,2\%$ N_D повинно бути не менше 251. Приймаючи $N_D = 2^{10} = 1024$ визначаємо, що число розрядів N_R у цьому випадку повинно бути 10 ($2^{10} = 1024$). Якщо вхідна безперервна величина змінюється, наприклад, у діапазоні від 0 до 5В, то величина кроку квантування за рівнем при $N_D = 1024$ дорівнює $\Delta U = 5$ мВ; $\delta_{АБС} \leq 2,5$ мВ; $\delta_{ВІД} \leq 50/1023 < 0,04\%$.

При проектуванні АЦП важливе значення має вибір величини кроку квантування за часом $\Delta t = T$. Значення T визначає необхідну швидкодію АЦП і каналу обробки інформації.

За теоремою Котельникова значення $\Delta t = T$ повинно задовільняти виразу:

$$\Delta t = T \leq \frac{1}{2f_{MAX}}, \quad (5.6)$$

де f_{MAX} – частота вищої гармоніки спектру вхідного сигналу АЦП.

Фізично цей вираз варто трактувати в такий спосіб: на один період максимальної гармоніки вхідного аналогового сигналу при переході від аналогової до дискретної величини необхідно взяти не менш двох відліків.

Коефіцієнт передачі АЦП визначається формулою

$$K_{\text{пер}} = \frac{1023}{U_{\text{REF}}} \left[\frac{\text{МЗР}}{\text{мВ}} \right].$$

$$\text{При } U_{\text{REF}}=5\text{В} \quad K_{\text{пер}} = \frac{1023}{5000} = 0,2046.$$

Тоді, наприклад, якщо $U_{\text{вх}} = 5\text{В} = 5000\text{мВ}$, то десятковий код на виході буде дорівнювати

$$\text{ADC} = 5000 \cdot 0,2046 = 1023.$$

5.2 Широтно-імпульсний модулятор

Вхідні дані:

- тип МК-ра: АТ mega CAN128;
- номер таймера: Т/С 1;
- інвертований ШІМ-сигнал сформувати на виході: PB5;
- частота ШІМ-сигналу: $f_{PL3} = 25 \text{ кГц}$;
- частота тактового сигналу підсистеми введення/виведення: $f_{CLKI/0} = 16 \text{ МГц}$;
- режим роботи модуля ШІМ: PhaseCorrectPWM;
- шпаруватість ШІМ-сигналу: $Q_{PL3} = 2$.

Розрахувати:

- коефіцієнт ділення переддільника: $K_{\text{діл.}} = N$;
- модуль лічби: TOP;
- період ШІМ-сигналу: T_{PB5} ;
- тривалість імпульсу ШІМ-сигналу: $t_{\text{імпPB5}}$.

Написати мовою Асемблер фрагмент програми, який забезпечує формування ШІМ-сигналу згідно вхідних даних.

Рішення завдання

Величина частоти ШІМ-сигналу f_{PB5} визначається виразом:

$$f_{PB5} = \frac{f_{CLK\ I/O}}{N(TOP+1)}. \quad (5.7)$$

Згідно [2] обираємо режим роботи номер 10, тоді значення модуля лічби TOP визначається вмістом регістра ICR1. Обираємо значення $ICR1=79=01001111B=\$004F$.

Тоді згідно формули (5.7) при $N=8$:

$$f_{PB5} = \frac{16 * 10^6}{8 * 80} = 25 \text{ кГц}.$$

Період ШІМ-сигналу:

$$T_{PB5} = \frac{1}{f_{PB5}} = \frac{1}{25000} = 40 \text{ мкс.}$$

Потрібна тривалість імпульсу:

$$t_{\text{імпPB5}} = \frac{T}{Q} = \frac{40 \text{ мкс}}{2} = 20 \text{ мкс.}$$

Тоді згідно з [2]:

$$t_{\text{імп}} = T_{CLKI/O} * N * (1 + OCR1A),$$

					IA51.15БАК.002 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де OCR1A –регістр порівняння каналу А таймера 1.

$$OCR1A = \frac{t_{\text{имп PB5}}}{T_{CLK I/O} * N} - 1 = \frac{20 * 10^{-6}}{\frac{1}{16} * 10^{-6} * 8} - 1 = \frac{320}{8} - 1 = 39 =$$

$$= 00001011B = \$000B$$

Розробка фрагменту програми

Зупинка таймера

Для зупинки таймера треба в регістр керування TCCR1B,адреса якого згідно таблиці [2] дорівнює\$0121, записати керуюче слово KC1:

Тоді програма має вид:

LDI R18, \$00; R18 ← KC1=\$00

LDI R27, \$01; R27 ← \$01 } X(R27, R26)← \$0121;
LDI R26, \$21; R26 ← \$21

STX, R18; TCCR5B←R18=\$00,зупинка таймера.

Завантаження регістра TCCR1A

Згідно [2] формат регістра МК-ра АТмега 128 має вид:

7 р.	6р.	5р.	4р.	3р.	2р.	1р.	0р.	KC2
COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	COM1C1	COM1C0	WGM11	WGM10	
1	1	0	0	0	0	1	0B=\$C2	

Для нашої задачі для формування інвертованого ШІМ-сигналу згідно [2] необхідно встановити біти COM1A1=COM1A0=1.

Для програмування режиму роботи 10 згідно [2] необхідно запрограмувати біти: WGM11=1;WGM10=0.

ІншібітирегістраTCCR1A у нашомуприкладі не використовуються.Тому запишемо в них нулі.

Тоді керуюче слово KC2=11000010B=\$C2.

Згідно [2] адреса регістра TCCR1A=\$0120.

Тоді програма має вид:

LDIR17, \$C2; R17←KC2=\$C2

LDI R29, \$01; R27 ← \$01
LDI R28, \$20; R26 ← \$20 } Y(R29, R28)← \$0120;

STY, R17; TCCR5A←R17=\$C2.

Програмування лінії PB5 на виведення

Для програмування лінії PB5 на виведення необхідно встановити 5-й розряд регістра DDRLв одиницю. Згідно [2] адреса регістра:\$010A.

Тоді програма має вид:

LDIR31, \$01; R31← \$01; R31, R30 (Z) – адреса статичної пам`яті даних–
регістра DDRL: \$ 010A;

LDI R30, \$0A; R30 ← \$ 0A ;

LD R19, Z; R19← DDRL

ORI R19, \$08; R19←\$08=00001000B+R19, R19.3←1

STZ, R19;DDRL←R19, DDRL. 3 ←1.

Завантаження регістра ICR1

Згідно[2] 16-розрядний регістр ICR1 має адресу:\$0127(СБ): \$0126(МБ).
В ICR1 треба завантажити:79=01001111B=\$004F(див.вище).

Тоді програма має вид:

LDIR23, \$00; R23← \$00;

LDI R27, \$01; R27 ← \$01;
LDI R26, \$27; R26 ← \$27 } X(R27, R26)← \$0127;

STX, R23; СБICR5←R23 = \$00.

LDIR24, \$4F; R24← \$4F

LDI R29, \$01; R29 ← \$01
LDI R28, \$26; R28 ← \$26 } Y(R29, R28)← \$0126;

STY, R24; МБICR5←R24 = \$4F.

Завантаження регістра OCR1A

Згідно [2] 16-розрядний регістр OCR1A має адресу: \$0129(СБ):
\$0128(МБ).BOCR1A треба завантажити: 39=00001011B = \$000B(див.вище).

Тоді програма має вид:

LDIR24, \$00; R24← \$00;

LDI R31, \$01; R31 ← \$01;
LDI R30, \$29; R30 ← \$29 } Z(R31, R30)← \$0129;

STZ, R24; СБ OCR5A←R24 = \$00.

LDIR25, \$0B; R25← \$ 0B;

LDI R31, \$01; R31 ← \$01;
LDI R30, \$28; R30 ← \$28 } Z(R31, R30)← \$0128;

STZ, R25; МБ OCR5A←R25 = \$0B.

Програмування $K_{дл}=N=8$, режиму роботи номер 10 та запуск таймера.

Вище при завантаженні регістра TCCR1A було записано WGM11=1 та WGN10=0, що разом з двома бітами WGM12=0 та WGM13=1 регістра TCCRB програмують режим роботи №10 [2] .

Для програмування $K_{дл}=8$ [2] та запуску таймера також використовують регістр TCCR1B[2].

7 р.	6р.	5р.	4р.	3р.	2р.	1р.	0р.
ICNC1	ICES1	-	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10
0	0	0	1	0	0	1	0B = \$12

(режим 10) ($K_{дл} = 8$)

Тоді програма має вид:

LDIR17, \$12; R17 ← \$12;

LDI R29, \$01; R29 ← \$ 01
LDI R28, \$21; R28 ← \$ 21 } Y(R29, R28) ← \$0121 —адреса регістра

TCCR5B;

ST Y, R17; TCCR5B ← R17 = \$12.

5.3 Цифро-аналоговий перетворювач

Для розрахунку ЦАП на базі мікросхеми MAX506, який має 8 розрядів, вирази для розрахунку приймуть вигляд [1,2]:

$$U_{\text{вих. max}} = \frac{U_{\text{оп}}}{2^8} \sum_{i=0}^7 2^i, \quad (5.8)$$

$$U_{\text{вих}} = \frac{U_{\text{оп}}}{2^8} \cdot N_B, \quad (5.9)$$

$$K_{\text{ЦАП}} = \frac{U_{\text{оп}}}{2^8} \left[\frac{B}{\text{МЗР}} \right], \quad (5.10)$$

де $N_B = \sum_{i=0}^7 a_i \cdot 2^i$ - цифрове значення вхідного ДВК.

Якщо $U_{\text{оп}} = 5,12 \text{ В}$, тоді $K_{\text{ЦАП}} = 20 \text{ мВ/МЗР}$

6 РОЗРОБКА І ОПИС ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

У дипломному проекті розроблена принципова схема контролера системи керування паровим котлом (КСКПК).

Схема розроблена і зібрана в пакеті проектування MicrosoftOfficeVisioProfessional 2005 (лист IA51.15БАК.002 ЭЗ).

Призначення окремих вузлів і елементів:

- BQ1 – кварцевий резонатор, який визначає тактову частоту мікроконтролера;
- C1, C2 – два конденсатори, служать для підвищення стабільності тактового генератора у складі мікроконтролера;
- R1, R2, C3, VD1 – ланцюжок скидання, який формує сигнал "СКИДАННЯ" ("RESET") для мікроконтролера автоматично при включенні живлення +5В і при натисненні зовнішньої кнопки "СКИДАННЯ" (див. роз'єм XS1);
- DD2 – мікроконтролер AT90CAN128, управляє роботою системи;
- L1, C9 – LC-фільтр - для підвищення точності роботи АЦП у складі мікроконтролера;
- DD1 – CAN-трансівер, служить для підключення CAN-модуля мікропроцесора до CAN-лінії зв'язку;
- DA1 – драйвер ШІМ – поєднує модуль ШІМ у складі мікроконтролера з двигунами постійного струму ДПС1, ДПС2
- DA2 – двонапівперіодний випрямляч змінної напруги ~12В, що подається через роз'єм XS4;
- DA3 – стабілізатор напруги, який формує на виході стабільну напругу живлення: +5В;
- C18, C20 – фільтри, які служать для боротьби з низькочастотними завадами;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

IA51.15БАК.002 ПЗ

Арк.

55

- С6...С8–фільтри, служать для боротьби з високочастотними завадами, розташовуються на друкованій платі біля виводів напруги живлення мікросхем DD1...DD5;
- XS1, XS2... XS5 – служать для зв'язку контролера із зовнішніми пристроями: датчиками (XS1); програматором FLASH-пам'яті (XS3); CAN-ліній зв'язку (XS2), джерелом живлення (XS4); виконавчими пристроями (XS5);
- VD2, VD3 –напівпровідникові діоди, подають на схему основне (+5В) або резервне живлення (+4,5В);
- кнопка SA1 служить для зміни режиму роботи CAN-трансивера під дією сигналу, що знімається з лінії PE7 мікроконтролера;
- транзистори VT1...VT8– підсилюють струм, який формується на виходах OUT1, OUT2 та OUT3, OUT4драйвера до 5А;
- VD4...VD11 – призначені для захисту транзисторів VT1...VT8 від паразитних імпульсів досить високої амплітуди, які можуть з'являтися при комутації обмоток виконавчих ДПС1, ДПС2;
- С4, С5 – фільтри призначені для боротьби з низькочастотними завадами від джерел живлення;
- DD3 – цифро-аналоговий перетворювач – служить для формування на виходах V_{outA} , V_{outB} двох аналогових напруг для частотних перетворювачів ЧП1 та ЧП2.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

IA51.15БАК.002 ПЗ

Арк.

56

ВИСНОВКИ

В результаті проведеної роботи була досягнута поставлена мета: спроектована автоматична система керування паровим котлом на основі програмованого мікроконтролера.

Розроблена система здійснює збір інформації з первинних датчиків і перетворювачів, вирішує локальні завдання керування клапанами, тягодуттєвими машинами, здійснює попередню обробку і передачу результатів роботи вCAN-мережу. Технічною базою системи служить апаратура, розташована на окремих контрольованих об'єктах.

Уся інформація, що обробляється мікроконтроллером, може передаватися по лінії зв'язку в центральний пункт управління через CAN-інтерфейс для управління системою з більш високого рівня. На цьому рівні забезпечується оперативний контроль і управління, формування параметрів технологічних процесів, відображення параметрів роботи котла і стану допоміжного устаткування, прийом і обробка інформації, що поступає з першого рівня, реєстрація і аналіз параметрів роботи котла.

Впровадження спроектованої системи на підприємствах промисловості і ЖКГ, де потрібна велика кількість теплової енергії у вигляді пари, дозволяє автоматизувати процес виробництва теплової енергії в котлах і значно спростити контроль і управління цим процесом. Крім того, впровадження системи дозволяє понизити вплив людського чинника у виробничому процесі і вірогідність виникнення аварійних режимів функціонування котла, підвищити екологічні характеристики котельної і культуру виробничого процесу.

Особливістю розробленої системи є автоматичне відстежування усіх параметрів поточних процесів, що реалізуються паровим котлом, і керування технологічним устаткуванням, забезпечуючи нормальне і безаварійне функціонування котельної установки. Крім того, система

					<i>IA51.15БАК.002 ПЗ</i>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контролює справність устаткування і при виникненні поломок і аварійних ситуацій сигналізує про це обслуговуючому персоналу.

Цінність розробки є підвищення ефективності функціонування котлоагрегата за рахунок зниження споживання енергоресурсів, використання технологічного устаткування, оперативного управління устаткуванням і технологічним процесом.

					<i>IA51.15БАК.002 ПЗ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Евстифеев А. В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя. – М.:Издательский дом «Додэка–XXI», 2007.
- 2 Проектування мікропроцесорних систем: Проектування мікропроцесорних систем на базі AVR–мікроконтролерів: Периферійні модулі AVR–мікроконтролерів: Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія» кафедри Автоматики та управління у технічних системах / Укл.: А.О. Новацький– К: НТУУ „КПІ”, 2012– 470с.
- 3 Навчальний посібник з дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем», розділ «Програмування мікроконтролерів родини AVR» для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія» кафедри Автоматики та управління у технічних системах / Укл.: А.О. Новацький, Є.В. Глушко – К: НТУУ „КПІ”, 2013 – 109 с.
- 4 Комп’ютерна електроніка: Мікропроцесорні системи: Програмування мікропроцесорних систем: Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія» кафедри Автоматики та управління у технічних системах /Автор.: А.О. Новацький– К: НТУУ „КПІ”, 2014– 307с.
- 5 Проектування мікропроцесорних систем та мереж. Розділ: Проектування CAN-мережі. Навчальний посібник для студентів спеціальності "Компютеризовані системи управління та автоматика" Електронне навчальне видання з грифом НТУУ "КПІ", 15.12.2011/Автори: А.О. Новацький, Глушко Є. В.– 170с.
- 6 Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи : Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. освітньої

програми «Інтегровані інформаційні системи» спеціальності
126 «Інформаційні системи та технології», / КПІ ім. Ігоря Сікорського;
уклад.: А.О. Новацький. – Електронні текстові дані (1 файл: 18.97
Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 246 с.

					<i>IA51.15BAK.002 ПЗ</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		